



T. C.
GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI APEX BULUCULARIN FARKLI EBATLARDAKİ
APİKAL AÇIKLIKLARDA DOĞRULUĞUNUN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Mohammed Hussein Jemaa ABOOSHİ

DOKTORA TEZİ

ENDODONTİ ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANLARI

Dr. Öğr. Üyesi Fatma TUNÇ

Prof. Dr. Güven KAYAOĞLU

Gaziantep
2019

T.C.
GAZIANTEP ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI

FARKLI APEX BULUCULARIN FARKLI EBATLARDAKİ APİKAL
AÇIKLIKLARDA DOĞRULUĞUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ

Mohammed Hussein Jemaa ABOOSHI

Tez Savunma Tarihi: 29.11.2019

Prof. Dr. Mehmet TARAKÇIOĞLU
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürüğüne; Bu çalışmanın bir “Doktora” derecesi için uygun ve yeterli bir çalışma olduğunu onaylıyorum.

Doç. Dr. Uğur AYDIN
Endodonti Anabilim Dalı Başkanı

Bu tez tarafımca okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir “Doktora” tezi olarak kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi. Fatma TUNÇ
Ortak Tez Danışmanı

Prof. Dr. Güven KAYAOĞLU
Ortak Tez Danışmanı

Bu tez tarafımca okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir “Doktora” tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

İmzası

Prof. Dr. Özgür TOPUZ

Prof. Dr. Güven KAYAOĞLU

Doç. Dr. Uğur AYDIN

Doç. Dr. Fatih SARI

Dr. Öğr. Üye. Fatma TUNÇ

Doç. Dr. Adile Şehnaz YILMAZ

Doç. Dr. Ayşin DUMANI

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

29/11/2019

Mohammed Hussein Jemaa ABOOSHI

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimimde ve tezimin hazırlanmasında destek ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen tez danışmanım, kıymetli hocam Sayın **Dr. Öğr. Üyesi Fatma TUNÇ'a**

Doktora eğitimime ve tezimin hazırlanmasına katkıda bulunan ikinci tez danışmanım Sayın **Prof. Dr. Güven KAYAOĞLU'a**

Asistanlık eğitimim boyunca bilgilerinden, fikirlerinden ve deneyimlerinden son derece yararlandığım ve mesleğimde ilerlemem konusunda her zaman destek olan Sayın **Doç. Dr. Uğur AYDIN'a**

Asistanlık eğitimim boyunca birlikte çalışma şansı bulduğum tüm asistan arkadaşlarıma ve bölüm personellerimize,

Ayrıca tüm yaşamım boyunca sevgileri ile yanımda olan ve her konuda olduğu gibi tezim süresince maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen sevgili annem, babam ve kardeşlerime,

Doktora eğitimimde ve tezimin çalışmaları boyunca bir çok fedakarlık gösterip yardımını esirgemeyen, sabrı ve sevgisinden dolayı her an yanımda olan sevgili eşim Aya SHARO'ya ve oğluma

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

29/11/2019

Mohammed Hussein Jemaa ABOOSHİ

İÇİNDEKİLER

KISALTMA ve SİMGELER	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
RESİMLER LİSTESİ	vii
TABLolar LİSTESİ	viii
ÖZET	1
ABSTRACT	2
1. GİRİŞ VE AMAÇ	3
2. GENEL BİLGİLER	6
2.1. Anatomi	6
2.2. Dentin-Sement Birleşimi (DSB)	9
2.3. Apikal Foramen (Majör foramen)	10
2.4. Apikal daralım (minör foramen)	13
2.5. Kanal Tedavisinde Çalışma Uzunluğunun Önemi	16
2.6. Kanal Boyu Tespitinde Kullanılan Yöntemler	16
2.6.1. Kağıt Konlarda Nemlenme	17
2.6.2. Parmak Hassasiyeti	17
2.6.3. Kanal Boylarının Ortalama Uzunluklarını Bilmek	18
2.6.4. Radyografik Yöntem	18
2.6.5. Elektronik Yöntem (Elektronik apeks bulucu – EAB)	21
2.6.5.1. Elektronik Apeks Bulucu – EAB ve EAB’lerin tarihçesi	21
2.6.5.2. EAB tipleri	22
2.6.5.2.A. Rezistans Tip Elektronik Apeks Bulucular (Birinci Nesil)	22
2.6.5.2.B. İmpedans Tip Elektronik Apeks Bulucular (İkinci Nesil)	23
2.6.5.2.C. Frekans Tip Elektronik Apeks Bulucular (Üçüncü Nesil)	24
2.6.5.2.D. Orantı Tip Elektronik Apeks Bulucular (Dördüncü Nesil)	26
2.6.5.2.E. Çift Frekans Oranı Tipi Elektronik Apeks Bulucular (Beşinci Nesil)	28
2.6.5.2.F. Adaptif Elektronik Apeks Bulucular (Altıncı Nesil)	29
2.7. Elektronik Apeks Bulucuların Kullanım Alanları	30
2.8. Endodontide EAB Kullanımının Avantaj ve Dezavantajları	32
2.8.1. Endodontide EAB Kullanımının Avantajları	32
2.8.2. Endodontide EAB Kullanımının Dezavantajları	33
2.9. Elektronik Apeks Bulucuların Ölçüm Doğruluğunu Etkileyebilen Faktörler	33
2.9.1. Elektrik İleten Solüsyonlar	34
2.9.2. Pulpa Vitalitesi	35
2.9.3. Süt Dişleri	36
2.9.4. Kök Rezorpsiyonu	38
2.9.5. Foramen Apikale’nin Çapı	39
2.9.6. Perforasyonlar ve Kök Kırıkları	40
2.10. Apeks Bulucu Cihazlar	43
2.10.1. Root ZX mini	43
2.10.2. Raypex 6	44
2.10.3. Apex ID	47
2.11. Elektronik Apeks Bulucularla İlgili Çalışmalar	49
2.11.1. In Vivo Çalışmalar	49
2.11.2. In Vitro Çalışmalar	52
3. GEREÇ VE YÖNTEM	56
3.1. Gereç	56
3.2. Yöntem	57

3.3. Apikale Kadar Olan Uzunlukların Her 3 EAB’de Ölçülmesi.....	61
3.4. İstatistiksel Analiz.....	63
4. BULGULAR.....	63
5. TARTIŞMA.....	69
6. KAYNAKLAR.....	82
7. ÖZGEÇMİŞ.....	97
8. EKLER.....	98



KISALTMA ve SİMGELER

IAF	:	Başlangıç Eğesi
DSB	:	dentin-sement birleşimi
Ω	:	Ohm
AF	:	Apikal Foramen
AD	:	Apikal Daralım
DDR	:	Direkt Dijital Radyografi
V	:	Voltaj
R	:	Rezistans (direnç)
P	:	Dirençlilik
A	:	Kesit Alanı
I	:	Akım
IL	:	Başlangıç uzunluğu
FL	:	Son uzunluk
DA	:	Doğru Akım
AA	:	Alternatif Akım
T	:	Periyod
Hz	:	Hertz
Z	:	Empedans
F	:	Frekans
D	:	Plaka Ayrımı
ϵ	:	Dielektrik Sabiti
C	:	Kapasitans
Xc	:	Kapasitif Reaktans
EU	:	Elektronik Uzunluk (ölçüm)
RU	:	Radyografik Uzunluk
NaOCl	:	Sodyum Hipoklorit
H ₂ O ₂	:	Hidrojen Peroksit
NaCl	:	Sodyum Klorür
GU	:	Gerçek Uzunluk
EAB	:	Elektronik Apeks Bulucu
EDTA	:	Etilendiamintetraasetik asit

R6 : Raypex 6 Uzunluk
AİD : Apex İD Uzunluk
RZX : Root ZX Mini Uzunluk
MAF : Master Apical File



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2. 1. Çalışma uzunluğunun elektronik olarak belirlenmesini gösteren devre.....	22
Şekil 4. 1. Olgun apikal dişlerde EAB'lerin ölçümleri gerçek çalışma boyu ile karşılaştırılması.....	65
Şekil 4. 2. 30 numaralı eĝe ile apikal açıklıklara sahip dişlerde EAB'lerin ölçümleri gerçek çalışma boyu ile karşılaştırılması.....	65
Şekil 4. 3. 55 numaralı eĝe ile apikal açıklıklara sahip dişlerde EAB'lerin ölçümleri gerçek çalışma boyu ile karşılaştırılması.....	66
Şekil 4. 4. 80 numaralı eĝe ile apikal açıklıklara sahip dişlerde EAB'lerin ölçümleri gerçek çalışma boyu ile karşılaştırılması.....	66



RESİMLER LİSTESİ

Resim 2. 1. Root Canal Meter.....	23
Resim 2. 2. Sono-Explorer (Hayashi Dental Supply, Tokyo, Japonya)	24
Resim 2. 3.A. Endeks elektronik apeks bulucu, B) Root ZX	25
Resim 2. 4. AFA Apex Finder 7005 (Analytic Endodontics, Sybron Dental, Orange, CA, ABD).....	27
Resim 2. 5. Bingo 1020 (Forum Engineering Technologies, Rishon Lezion, İsrail)	27
Resim 2. 6. Elements Diagnostic Unit Apex Locator (SybronEndo, Anaheim, CA, ABD)	28
Resim 2. 7. E-Magic Finder	28
Resim 2. 8. Raypex 6	29
Resim 2.9. Root ZX mini	43
Resim 2. 10. A. B. C. D. Kök kanal eğesi kök kanalına yerleştirildiğinde Root ZX mini cihazın ölçümü aktifleşmesi.....	44
Resim 2.11. Raypex 6	44
Resim 2.12. Kök kanal uzunluğu belirleme başlangıcı	45
Resim 2.13. Kanal eğesi kök kanalının koronal ve medial bölümleri boyunca apikale doğru ilerletildikçe tam kanal görüntüsünde elips sürekli aşağıya doğru hareket eder	45
Resim 2.14. Kanal eğesinin ilerlemesinin büyütülmüş görüntüsü, kanalın apikal bölümünün büyütülmüş görüntüsünde gösterilir	46
Resim 2.15. Apikal bölümde gösterge çizgisi tam konumu gösterir ve sırasıyla mavi, yeşil, sarı renkleri gösterir	46
Resim 2.16. Kanal eğesi apikal foramene ulaştığında, gösterge çizgisi kırmızı olarak işaretlenir ve sabit bir ses çıkar	46
Resim 2.17. Kanal eğesinin ucu apikal forameni geçtikten sonra, apikal zoom görüntüsünün altında kırmızı uyarı noktası belirir ve kısa uyarı sesi duyulur	47
Resim 2.18. Kapalı devre olarak çalışan Apex ID cihazı	47
Resim 2.19 Kanal içerisinde kanal eğesi ilerletildikçe çizgiler apekse doğru sayıca artmaktadır	48
Resim 3. 1. 10 numara K tip eğe.....	58
Resim 3. 2. x6 loupe	58
Resim 3. 3. Dijital kumpas.....	59
Resim 3. 4. Raypex 6 (VDW, Munich, Germany)	59
Resim 3. 5. Root ZX mini (J. Morita Corp, Tokyo, Japan)	60
Resim 3. 6. ApexID (SybronEndo, 151, CA)	60
Resim 3. 7. Aljinata Gömülmüş Dişler.....	61
Resim 3. 8. Distile su	61
Resim 3. 9. Raypex 6 cihazı ile yapılan ölçüm.....	62
Resim 3. 10. Root ZX cihazı ile ölçüm yapılması.....	62
Resim 3. 11. Apex ID cihazı ile yapılan ölçüm.....	63

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2. 1. Dentin-sement birleşim pozisyonu	10
Tablo 2. 2. Root ZX'in güvenilirliğini incelemek için yapılan çalışmalar	26
Tablo 2. 3. Çeşitli Elektronik Apex Bulucuların Avantaj ve Dezavantajları.....	30
Tablo 4. 1. Farklı apikal çaplara sahip dişlerde 3 farklı EAB'nın ölçümlerinin gerçek çalışma boyu ile karşılaştırılması.....	67
Tablo 4. 2. APEX IDin 4 grupta tespit ettikleri çalışma boyları ± 0.5 , ± 1 ile gerçek çalışma boylarının karşılaştırılması (%)	67
Tablo 4. 3. Raypex 6 in 4 grupta tespit ettikleri çalışma boyları ± 0.5 , ± 1 ile gerçek çalışma boylarının karşılaştırılması (%).....	67
Tablo 4. 4. Root ZXin 4 grupta tespit ettikleri çalışma boyları ± 0.5 , ± 1 ile gerçek çalışma boylarının karşılaştırılması (%).....	67



ÖZET

FARKLI APEX BULUCULARIN FARKLI EBATLARDAKİ APİKAL AÇIKLIKLARDA DOĞRULUĞUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ

Mohammed Hussein Jemaa ABOOSHI
Doktora Tezi, Gaziantep Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Endodonti Anabilim Dalı
Kasım 2019, 99 sayfa

Tez Danışmanları:
Dr.Öğr.Üyesi Fatma TUNÇ Prof. Dr. Güven KAYAOĞLU

Bu çalışmanın amacı, hem kapalı hem de farklı apikal açıklıklarda, farklı apeks bulucu cihazların çalışma boyu saptanmasındaki etkinliklerinin karşılaştırılmasıdır. Çalışma için 80 adet kök gelişimini tamamlamış üst çene santral ve lateral insan dişi kullanıldı. Gerçek çalışma boylarının ölçümü, x6 büyütmeli loupe eşliğinde yapıldı. Çalışma boyları, 10 numaralı K-eğenin kök ucunda görüldüğü noktadan 1 mm kısa olacak şekilde tespit edildi. Dişler 4 gruba ayrıldı (n=20). Birinci grup (G 0) olgun apeksli dişleri içeriyordu. Diğer grupların (G 34, G 59 ve G 84) kök kanalları 0.34, 0.59, 0.84 mm'lik apikal boyutlara kadar genişletildi. Tüm dişler, elektronik ölçümler için aljinatla doldurulmuş kalıplara gömüldü. Elektronik ölçümler, Raypex 6, Apex ID ve Root ZX mini cihazları ile üretici firma talimatları doğrultusunda yapıldı. Ölçümler 3 kere yapıp ortalamaları alındı. Gerçek çalışma boyu ve elektronik ölçümler istatistiksel olarak analiz edildi. Kapalı (bozulmamış) apeksli ve açık apeksli dişlerde, elektronik ölçüm ile gerçek boylar arasında, kullanılan apeks bulucu cihazdan bağımsız olarak, istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmedi. Her 3 cihaz da hem açık hem de kapalı apeksli dişlerde, klinik kullanım için uygundur.

Anahtar kelimeler: Elektronik apex bulucu, Apikal foramen, Gerçek çalışma boyu

ABSTRACT

IN-VITRO COMPARISON OF THE DIFFERENT APEX LOCATOR AT DIFFERENT SIZES OF APICAL OPENING

Mohammed Hussein Jemaa ABOOSHI
Phd Thesis, Gaziantep University Health Sciences Institute
Department of Endodontic
Nov 2019, 99 Pages

Supervisors:

Assist. Prof. Dr. Fatma TUNÇ

Prof. Dr. Güven KAYAOĞLU

The purpose of this study was to compare the effectiveness of different electronic apex locators in determining the working length in both closed and different sizes of apical openings. For this study 80 extracted human maxillary central and lateral incisors with mature apices were used. Actual working length measurement was performed by using a x6 loupe. The working length was considered as 1mm short of the point where a size 10 K-file tip was visible at the apex. The teeth were divided into four groups (n=20). First group (G 0) included teeth with mature apices. Root canals of the other groups (G 34, G 59, and G 84) were enlarged to apical sizes of 0.34, 0.59 and 0.84 mm. All teeth were embedded in alginate filled molds for electronic measurements. Electronic measurements were performed with Raypex 6, Apex ID and Root ZX mini according to the manufacturers' instructions. Measurements were performed 3 times and their averages were recorded. The actual lengths and electronic measurements were statistically analyzed. No statistically significant difference was found between the actual length and electronic measurements in teeth with closed (untouched) and enlarged apices regardless of the apex locator used. All 3 devices are suitable for clinical use in both open and closed apices.

Keywords: Electronic Apex Locator, Apical Foramen, Actual Working Length

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Kök kanal tedavisi sırasında endodontistin en çok zaman ayıracağı ve en çok çaba göstermesi gereken tedavi evresi kök kanal preparasyonudur. Yapılacak işlemler kök kanal sisteminin anatomisi, foramen apikalenin histolojisi ve çalışma boyutu hakkında ayrıntılı bilgi gerektirmektedir. Çalışma boyutunun doğru bir şekilde belirlenmesi endodontik tedavinin en kritik aşamalarından biridir. Eksik belirlenen çalışma boyu kök kanalında şekillendirilmemiş , temizlenmemiş alanların bırakılmasına sebep olmaktadır. Bu da enfekte materyalin tam olarak boşaltılmamasına ve buna bağlı olarak başarısız bir kanal tedavisine neden olur. Taşkın yapılan mekanik preparasyon ise apikal daralım bölgesinin fazla genişletilmesine, bunun sonucunda kök ucundaki çevresel dokularının zarar görmesine sebep olmaktadır. Bu şekilde yapılan kanal dolguları postoperatif ağrıya ve prognozun olumsuz yönde etkilenmesine neden olur (1, 2, 3) .

Koronal referans noktasından kanal preparasyonunun ve dolgusunun bitirilmesi gereken yere kadarki mesafe çalışma boyunu ifade eder. Elektronik apeks bulucuların belirlediği noktalar ile apikal foramenin çapı arasındaki doğruluk ilişkisi birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Bazı araştırmalarda apikal foramen çapındaki artışa bağlı olarak elektronik apeks bulucuların doğruluğunda azalma olduğu bildirilmiştir (4, 5).

Anatomik özellikler, kök rezorpsiyonları, taşkın preparasyon ve tamamlanmamış apikal kök formasyonu gibi durumlar apikal foramende genişlemeye ve kök kanal tedavisi esnasında elektronik çalışma boyunun (EÇB) doğru bir şekilde ölçülememesine yol açabilmektedir (6).

Kanal tedavisinde çalışma boyunun tespitinde, en yaygın olarak kullanılan yöntem geleneksel periapikal radyografilerdir. Bunun yanı sıra teknolojik gelişmelere bağlı olarak, dijital radyografi cihazları ve elektronik apeks bulucular da kullanılmaktadır, EAB'ler insan dokusundaki karakteristik elektriksel özellikleri kullanarak apikal daralımı tespit etmektedir (7).

Son zamanlarda endodontik cihazlarla birlikte kombine kullanılmalarına rağmen, EAB'ler aslında eski cihazlardır. İlk olarak 1918'de Custer kökün uzunluğunu belirlemek için elektronik bir yöntem bulmuş ve bu konuda ilk çalışmalar, 1942'de

Suzuki adlı araştırmacı tarafından yapılmıştır. Araştırmacı tarafından köpekler üzerinde yapılan in vivo çalışmalar sonucunda periodontal membran ile oral mukoza arasında elektriksel direncin sabit olduğu ve 6.5 kΩ'luk bir direnç gösterdiği tespit edilmiştir. İlk jenerasyon elektronik apeks belirleyiciler bu görüşten yola çıkararak geliştirilen aletlerdir (8).

Guisse ve ark. Suzuki'nin (1942) oral mukoza ile periodontal ligament arasındaki elektrik direncini ölçen bir alet geliştirdiğini bildirmişlerdir (9). Sunada çalışmasında hastaların yaşlarına ya da dişlerin şekline ve tipine bağlı olmaksızın, kanal aletinin ucu apikal forameni geçerek periodontal membrana ulaştığında, müköz membran ile periodonsiyum arasındaki elektrik direncinin yaklaşık 6,5 kΩ olduğunu tespit etmiştir (10).

EAB' lerde rezistans lme fikri yıllar sonra bir elektrik prensibi olan empedans lme fikrine yerini bırakmış ve empedans tip elektronik apeks bulucular kliniklerde daha çok kullanılmaya başlanmıştır. Bu gelişmeden kısa bir süre sonra endodontistlerin hizmetine sunulmuş olan bilgisayar teknolojisindeki gelişmelere bağlı olarak frekans tip ve orantı tip elektronik apeks bulucular geliştirilmiştir (7, 11, 12).

İkinci nesil apeks bulucular nc nesil elektronik apeks bulucular olarak bilinen frekans tip apeks bulucular ile benzerdir. Ancak bu cihazlar kanal boyunu ölçmek için iki değişik frekans kullanırlar. Bu sayede elde ettikleri ölçümleri algoritmik ve matematiksel olarak hesaplayarak gerçeğe çok yakın ölçümler verebilmektedirler (11).

İlk orjinal 3. Nesil apeks bulucu Apit/Endex (Osada Electric Co, Tokyo,) adıyla piyasaya sürülmüştür. Apit/Endex'i daha önceki apeks buluculardan ayıran en önemli özellik; iki farklı frekans kullanması ve kanal iinin elektrolit özellikte bir sıvı ile dolu olduğu durumlarda bile doğru ölçüm yapabilmesidir. Frank ve Torabinejad Apit/Endex'i; apikal darlığı $\pm 0,5$ mm mesafede tespit etmede %89.64 oranında başarılı bulmuşlardır (13).

Orantı Tip (Dördüncü Nesil Apeks Bulucular) iki farklı dalga boyuna sahip iki elektriksel akımın anında ölçülmesi ve foramen apikale yakınlarındaki bu elektriksel değişimleri tespit edebilme prensibine göre çalışmaktadır (7, 11).

Tınaz ve ark. tarafından yapılan in vitro çalışmada Bingo 1020 cihazı denenmiş ve kanal ağızlarının önceden genişletilmesinin elektronik ölçümler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Sonuç olarak Root ZX kadar tutarlı ölçümler verdiğini belirlemişlerdir. Bu alet daha sonra Ray-Pex 5 adıyla piyasaya sunulmuştur (14).

Welk ve ark. tarafından yapılan çalışmada 4. nesil ApexFinder' ın apikal daralımın belirlenmesindeki başarısı %34.4 olarak belirtilmiştir (15). Hoer ve Atin (2004) yine orantı tip aletlerden Justwo'yu % 82.4, Endy 5000 marka aletini ise %81 oranında başarılı bulmuşlardır (16). Pek çok araştırmacı tarafından EAB ve apikal foramen çapı doğruluğu arasındaki ilişki incelenmiştir (4, 5). Son yıllarda rezistans, empedans, frekans ve multi frekans gibi farklı türlerde apeks bulucular kullanılmaktadır (11, 17).

Teknoloji alanında yaşanan gelişmeler doğrultusunda çalışma mekanizmaları geliştirilen yeni nesil EAB'ler kullanılarak çalışma boyunun belirlenmesinde yüksek başarı oranları yakalanabilmekte olup bunların kullanılması hekimlerin daha az periapikal film çekerek güvenli şekilde endodontik tedavi uygulamalarına katkıda bulunmaktadır (18).

Günümüzdeki modern elektronik apeks bulucular empedans bilgisi olarak matematiksel algoritmayı işlemek yerine kök kanalının apeksine olan mesafeyi değerlendirmede kapasitans ve rezistans ölçümlerini ayrı ayrı tespit ederek veri tabanı ile karşılaştırmaktadır (11). Multi frekans türde elektronik apeks bulucular farklı frekansları kullanmakta olup her bir empedans için farklı elektriksel oranlar tespit ederek çalışırlar (19).

Bu çalışmanın amacı, maxillar santral ve lateral dişlerin köklerinin hem kapalı hem de açık apeksli olması durumunda; Root ZX mini, ApexID ve Raypex-6 marka elektronik apeks bulucuların steril distile su kullanarak apexi gösterme doğruluğunu değerlendirmektir.

2. GENEL BİLGİLER

Kök kanal tedavilerindeki başarı bütün olarak değerlendirilecek olursa doğru tanı, giriş kavitesinin doğru açılması, çalışma uzunluğunun doğru hesaplanması, kanalların kemomekanik preparasyonu ve kanalın hermetik olarak üç boyutlu tıkanması ile ilişkilidir. Belirtilen tüm bu işlemler klinisyenin uyması gereken ve başarısını etkileyen önemli aşamalardır. Apikal daralım morfolojisinin kök kanal tedavisi sırasında deneyimli klinisyenler tarafından hissedilebilmesi avantaj sağlamaktadır. Apikal daralım pulpal ve periodontal dokular arasındaki geçiş noktasıdır, bu nedenle kök kanalının mekanik preparasyonu ve obturasyonunu sonlandırmak için ideal nokta olarak belirlenmiştir (20).

2.1. Anatomi

Apikal kök anatomisi kökün apikal bölgesindeki üç anatomik ve histolojik noktaya dayanmaktadır: apikal daralım (AD), sementodontinal bileşke (SDB) ve apikal foramen (AF). Kuttler'in kök apeksinin anatomisine ilişkin yaptığı çalışmada kök kanalının kanal ağzından AD noktasına kadar daraldığı belirlenmiştir. AD noktası genellikle AF'ye göre 0.5 ila 1.5 mm daha koronaldedir (Şekil 2.6.). AD genellikle kök kanalın en küçük çaplı kısmı olarak kabul edilir. Ayrıca AD noktası klinisyenlerin genişletme, şekillendirme, temizleme, dezenfekte etme ve doldurma için en sık kullandıkları apikal sonlandırma noktasıdır (21).

Kullanılan kanal aletlerinin veya kök kanal dolgu malzemelerinin AD noktasının ötesine geçmesi; taşkın preparasyon veya taşkın dolum yapılması uzun vadede başarısız sonuçlar ortaya çıkmasına yol açabilmektedir.

Grove (1930), yaptığı çalışmada kök kanallarının doldurulması gereken noktanın dentin ve sementin birleştiği nokta olması gerektiğini vurgulamış ve pulpanın periodontal membran ile birleştiği kabul edilen bu noktanın kök kanal tedavisi prosedürlerinin bitirilmesi gereken nokta olduğunu bildirmiştir (22).

Kök kanal tedavi prosedürlerinin bitirilmesi gereken nokta olarak birkaç referans nokta belirlenmiştir. Bu noktalar DSB, AF, AD noktalarıdır ve radyografik apeksin koronalinde bulunan noktalar olarak kabul edilmiştir (23).

DSB noktası, periodontal ligamentin başladığı ve pulpal dokuların son bulunduğu anatomik ve histolojik bir işaretir. Doğal bir bariyer olarak kabul edilen bu noktada kök kanal tedavisinin bitirilmesi amaçlanmış ancak klinik ve radyografik olarak belirlenebilmesi mümkün olmamıştır (24). Yine DSB ile çakıştığı düşünülse de çoğu zaman birbirleriyle denk gelmeyen apikal daralım noktası da kök kanal tedavi prosedürlerinin bitirilmesi gereken referans noktalardan biri olarak bildirilmiştir.

Bir in vivo histolojik çalışmada çıkan sonuçlar, en uygun histolojik yanıtın enstrümantasyonun ve kök kanal dolununun apikal daralımda bitirildiğinde oluştuğunu göstermiştir. Enstrümantasyon ve kök kanal dolumu apikal daralım noktasının ötesine geçerse apikal daralımın ötesine geçen gutta-perka ve kök kanal patları her zaman ağrı oluşturmamakla birlikte şiddetli bir inflamatuvar reaksiyona neden olmaktadır (20).

Kanal morfolojisi başarılı kanal tedavisinde önemli rol oynar. Bu sebepten ötürü de karşılaşılabilecek değişik kök kanal şekillerinin iyi bilinmesi önem arz eder. Diş morfolojilerinin cinsiyete göre incelenmesinde erkek dişlerinin kadınlarınkinden daha hacimli ve geniş olduğu ifade edilmekte olup bu durumun kadınlardaki "X", erkeklerdeki "Y" kromozomuyla ilişkili olduğu ileri sürülmektedir (25).

Kadınlardaki "X" kromozomunun, erkeklere göre daha fazla mine üretimine neden olduğu, erkeklerdeki "Y" kromozomunun ise, kadın dişlerine göre daha fazla dentin üretimine neden olduğu ileri sürülmüştür (25, 26).

Tedaviye başlamadan önce hekimin kök kanal sayısını doğru belirleyebilmesi oldukça önemlidir. Tedavi edilen dişteki genel kök kanal morfolojisi ve o dişte gözlenen morfolojik varyasyonlar hakkındaki klinisyen bilgisi, kök kanal prosedürleri sırasında başarı için temel bir gerekliliktir. Kanal anatomisinin, kanal geometrisindeki doğal varyasyonların ve genişletme sırasında meydana gelen değişikliklerin öneminin, kanal preparasyonu sırasında kullanılan genişletme tekniklerinden çok daha büyük bir etkiye sahip olduğu yapılan çalışmalarla vurgulanmıştır (27, 28, 29).

1912'de Preiswerk (30), 1913'te Fasoli ve Arlotta (31) ve 1917'de Hess ve Zurcher (32) geçmiş yıllarda yaptıkları çalışmalarda genel kök kanal anatomisinin tek kanal ve tek apikal foramenden oluştuğunu belirtmişlerdir. Güncel çalışmalarda ise kök ucuna doğru daralan ve tek foramenle sonlanan kanalların, çok istisna olarak bulunduğu

anlaşılmasıdır. Çok sayıda foramen, ekstra kanallar, deltalar, kanallar arası bağlantılar, C kanallar ve aksesuar kanallar bir çok çalışmada belirtilmiştir.

Kök kanal sisteminin kompleks yapısını Weine 4 ana tipte gruplamıştır: (33).

I - Pulpa odasından apekse kadar tek kanal olarak devam eden kanallar.

II - Pulpa odasından iki kanal olarak ayrılıp, daha sonra birleşerek tek kanal olarak apekte sonlanan kanallar.

III - Pulpa odasından apekse kadar iki ayrı kanal olarak devam eden kanallar.

IV - Pulpa odasından tek kanal olarak başlayıp, daha sonra ikiye ayrılıp, apekte iki kanal olarak sonlanan kanallar.

Kök kanal morfolojileri ile ilgili en kapsamlı çalışma Vertucci (34) tarafından yapılmıştır ve 8 tip kök kanal konfigürasyonu tanımlanmıştır.

I - Pulpa odasından apekse kadar tek kanal olarak uzanan kanallar.

II - Pulpa odasından iki kanal olarak başlayıp, kökün herhangi bir seviyesinde birleşip tek kanal olarak apekse ulaşan kanallar.

III - Pulpa odasından tek kanal olarak başlayıp, önce iki kanala ayrılan, daha sonra tekrar birleşip tek kanal olarak apekse ulaşan kanallar.

IV - Pulpa odasından apekse kadar iki ayrı kanal olarak devam eden kanallar.

V - Pulpa odasından tek kanal olarak başlayıp daha sonra iki kanala ayrılan ve iki ayrı foramen olarak apekse ulaşan kanallar.

VI - Pulpa odasından iki kanal olarak başlayıp kökün orta seviyelerinde birleşen sonra tekrar iki kanala ayrılıp iki foramenle sonlanan kanallar.

VII - Pulpa odasından tek kanal olarak başlayıp, iki kanala ayrılan sonra tekrar birleşip, daha sonra iki ayrı kanal halinde apekse kadar ulaşan kanallar.

VIII - Pulpa odasından apekse kadar üç ayrı kanal olarak seyreden kanallar.

Sonuç olarak, kök kanal anatomisinin karmaşık yapıda olduğu bilinmelidir. gösterilen premolar diş kompleks anatomisinin iyi bir örneğidir. Ekstra kök, tedavi öncesinde çekilen radyografide gözlenmektedir ve bu nedenle tedavi öncesinde radyograf almak büyük önem arz etmektedir. benzer şekilde kompleks bir kök kanal anatomisi sistemi olarak gözlenen C-şekilli kök kanalları gösterilmiştir. Bu şekillerden de anlaşılacağı üzere tipik olarak, kök kanal anatomisi giriş kavitesinden apekse kadar uzanan ve çeşitli varyasyonlar gösteren bir sistemdir. Kök kanal sistemi bazen daha basit bazen daha karmaşık olabilmektedir.

2.2. Dentin-Sement Birleşimi (DSB)

Diş gelişimini tamamladığında kökün en uç bölümünde sekonder sement bulunur. Bu sement dokusu kökün ucundan kanalın içine doğru bir miktar uzanır. Kökün en uç noktasında içeride dentinle birleşir (22).

DSB, kök sementinin dentin ile buluştuğu apikaldeki nokta olarak tanımlanmıştır; aynı zamanda periodontal dokuların başladığı nokta olarak bilinmektedir. DSB'nin kök kanalındaki yeri önemli ölçüde değişkenlik göstermektedir. Bazı araştırmacılar DSB ile AD noktalarının aynı noktaya denk geldiğini söylemiş olsalar da genellikle DSB ile AD aynı noktaya denk gelmemektedir ve çalışmalar DSB noktasının AF'den yaklaşık 1 mm koronalde yerleştiğini göstermektedir (35).

DSB ancak histolojik olarak tespit edilebilen, klinik teşhisi mümkün olmayan ve histolojik tespitinin dahi zor olduğu bir nokta olarak bildirilmiştir. Klinik olarak yeri tam olarak belirlenemez, yalnızca tahmin edilebilir (36). Yapılan birçok mikroskop çalışmasında DSB' nin mikroskopik görünümü elde edilebilmiştir (37-41).

DSB'nin pozisyonundaki değişkenlik, yapılan çalışmalarla belgelenmiştir. DSB ve kök apeksi arasında bildirilen maksimum mesafe 2,5 mm iken, DSB AF'ye göre en az 0,3 mm daha koronalde konumlanmıştır (Tablo 2.1).

Tablo 2. 1. Dentin-sement birleşim pozisyonu

Çalışma	Örnek boyutu ve açıklaması	Apikal foramenlerden uzaklık (mm)	Apeks uzaklığı (mm)
Altman <i>et al.</i> [33]	20 maksiller santral kesici diş	-	0.38-2.5*
Stein and Corcoran[22]	111 diş	0.724†	-
Ponce and Vilar Fernández[26]	18 maksiller anterior	-	0.834†
Hassanien <i>et al.</i> [10]	50 mandibular premolar	0.3†	-

Bazı araştırmacılar DSB'yi kök kanal tedavisi prosedürlerinin tamamlanabilmesinde ideal nokta olarak tanımlamışlardır (39, 33). Teorik olarak endodontik kanal tedavisinin bu noktada sonlandırılması mikroorganizmaların periapikal dokulara kaçmasına mani olmanın yanı sıra doku sıvılarının da kanal boşluğuna girişini engelleyecektir (22, 40). Ancak DSB klinik açıdan saptanamayan histolojik bir nokta olduğu için kök kanal tedavisinin bitirilmesi için ideal bir nokta olarak benimsenmesi mümkün değildir (20, 36, 41, 42, 38).

2.3. Apikal Foramen (Majör foramen)

Apikal foramen anatomisi yaşla birlikte değişkenlik göstermektedir. sert doku birikimine bağlı olarak apikal foramendeki lokalizasyon değişkenliği gösterilmiştir.

Genel olarak kök apeksinde üç önemli nokta olduğu vurgulanmıştır. Kök apeksi (1), Apikal foramen (majör foramen) (2) ve Apikal daralma (minör foramen) (3), Kök ucu-foramen apikalenin ortası arası mesafe (4), Foramen apikalenin ortası ile apikal darlık arası mesafe (5).

Apikal foramen bir çok dişte dişin anatomik apeksinde yer almamaktadır ve oransal olarak köklerin % 50-98'inde AF ile anatomik apeks noktası arasında 3 mm'ye kadar uzanan mesafe bulunabilmektedir (21, 43, 44).

Dummer ve ark. (1984) (45) anterior dişlerdeki apikal foramenin anatomik apekse ortalama mesafesinin 0.36 mm olduğunu bildirmişlerdir. Kuttler (1955) (21), genç bir grupta foramenin apekse ortalama mesafesinin 0.48 mm, daha yaşlı bir grupta ise ortalama 0.6 mm olduğunu bildirmiştir. Green (1956, 1960) anterior dişlerde apikal foramen ile anatomik apeks arasındaki mesafeyi 0.3 mm, arka dişlerde 0.43 mm olarak bildirmiştir (43, 46).

Yapılan çalışmalarda oluşan genel kanı, apikal foramenin anatomik apekse olan ortalama mesafesinin, arka dişlerde ve daha yaşlı dişlerde anterior ve daha genç dişlere oranla daha fazla olduğudur. AF'nin AD'ye ortalama mesafesi genç grupta yaklaşık 0,5 mm iken yaşlı grupta 0.8 mm olarak bildirilmiştir (21, 47, 45).

AF'nin anatomik apeks ile çakışması yapılan çalışmalardan da anlaşılacağı üzere nadir gözlenen bir durumdur. Genel olarak AF noktası anatomik apeksin koronalinde yerleşme göstermektedir ve bu oran %17-100 gibi geniş bir aralıkta değişmektedir. Ancak yapılan çalışmalarda oluşan genel kanı, AF ile anatomik apeks arasındaki ortalama mesafenin 1 mm'den az olacağı yönündedir. Yapılan bir diğer çalışmada anatomik apeks ile AF arasındaki ortalama mesafe genç bir kişide 0,5 mm ve daha yaşlı bir bireyde 0.67 mm olarak bildirilmiştir (21). Yaşlı bireylerde, zamanla sement birikmesi nedeniyle ortalama mesafe artmaktadır. Taramalı elektron mikroskobu kullanılarak yapılan çalışmalarda kök apeksindeki apikal foramen sayısı ve bu foramenlerin çapları incelenmiştir. Ayrıca apikal foramenin anatomik apekse olan mesafesine ve aksesuar foramen çaplarına da bakılmıştır.

Morfis ve ark. (48), yaptıkları çalışmada maksiller azı dişlerinin palatinal kökleri ve mandibular molarların distal kökleri dışında tüm dişlerde birden fazla ana foramen bulunduğunu gözlemlemişlerdir.

Green (1960) 700 dişte yaptığı inceleme sonucunda apikal foramenin, kök ucundan yaklaşık 2 mm uzaklıkta ve merkez dışı bir pozisyonda konumlandığını bildirmiştir (46). Bununla birlikte her dişte AF ile anatomik apeks arasındaki mesafenin farklı olduğu unutulmamalıdır.

Yapılan bir çalışmada apikal foramen çapları, yaşları 18 ile 25 arasında değişen bireylerde ortalama 502 µm ve 55 yaşın üzerinde olanlarda ortalama 681 µm olarak belirlenmiştir ve bu da AF çapının yaşla birlikte arttığını göstermektedir (21).

Önceden de belirtildiği gibi AF'nin anatomik apeks ile çakışmaması ve aralarındaki mesafenin artması, yaşlanma ile birlikte daha sık gözlenmektedir ve bu da sementin çökmesi ile ilişkilendirilmiştir (21, 47, 44).

Maksiller santral kesici dişlerin sadece % 1-5'lik bir kısmında AF noktası kök apeksinden 1 mm'den daha fazla uzaklıkta bulunmuştur (42, 49) Ancak posterior

dişlerde yapılan çalışmalarda AF ile anatomik apeks arasındaki sapma daha yüksek oranda gözlenmiştir. Bu durumun daha fazla oklüzal yüke maruz kalan posterior dişlerin apeksinde oluşan fazla sement birikimine bağlı olduğu düşünülmektedir (45, 50, 51). Azı dişleri hariç, maksiller ve mandibular dişler için ortalama AF sapma oranları benzer bulunmuştur (52).

Yapılan bir başka çalışmada, mandibular dişlerdeki AF sapmasının maksiller dişlere oranla daha fazla olduğu bildirilmiştir (51). Bazı araştırmacılar kök kanalının temizlenmesi ve doldurulması işlemlerinin AF noktasında bitirilmesini ve AF'nin güvenilir bir apikal işaret olduğunu iddia etmişlerdir (36, 53).

Kök kanal tedavisi prosedürlerinde AF'nin referans olarak kullanılması bütün prosedürün apikal daralımın (AD) konumu ya da varlığına bakılmaksızın kök kanalının içerisinde gerçekleştirildiğini garantiler şeklindeki görüşü destekler niteliktedir (54). Fakat AF'nin lokalizasyonunun tam olarak tespit edilebilmesi sadece histolojik olarak mümkündür ve bu unutulmamalıdır (42).

Yapılan bir diğer çalışmada ideal apikal sonlanma noktası olarak radyografik apeks noktasının referans alınması önerilmiştir (24). Radyografik apeks seviyesine kadar yapılacak olan enstrümantasyon ve kök kanal dolgusunun tüm apikal dallanmaları tedaviye dahil edebileceği düşünülmüştür. Ancak bu kavramı desteklemek için uzun vadeli sonuçlar bulunmamaktadır.

Radyografik apeksin bir referans noktası olarak benimsenmesi, AF'nin genellikle radyografik apekste yer almaması nedeniyle, AF'nin ötesinde bir enstrümantasyon ve taşkın kök kanal dolumu ile sonuçlanacaktır (55). Kök kanal eğesi in vitro olarak radyografik apeks seviyesine yerleştirildiğinde yerleştirilen kök kanal eğesinin dişlerin %50'sinde AF'nin ötesine uzandığı görülmüştür (33). Yine radyografik apekse in vivo olarak yerleştirilen kök kanal aletleri de çoğu vakada AF'nin ötesinde sonlanmıştır (56).

Periapikal radyografilerle anatomik apeks ile AF arasında ortalama bir mesafe belirleyerek yapılan çalışmalarda genel olarak AF'nin lokalizasyonu yanlış tespit edilmektedir. Çünkü AF noktası sıklıkla kökün bukkal veya lingual yüzeyinde konumlanmaktadır ve periapikal radyografilerin verdiği iki boyutlu görüntü yeterli

olmamaktadır (50, 52). AF'nin pozisyonunun elektronik apeks bulucuların doğruluğunu etkilediği de bildirilmiştir (57, 58).

Enfekte kanallarla ilişkili inflamatuvar kök rezorpsiyonlarında AF rezorbe olan kökle birlikte ortadan kalkabilmektedir (59). AF, bu gibi nedenlerden ötürü çalışma uzunluğu belirlenirken kullanılabilir güvenilir bir referans noktası değildir (41, 54).

2.4. Apikal daralım (minör foramen)

Apikal daralım (AD) noktası da lokalizasyon olarak çok fazla değişkenlik gösterebilen bir noktadır. Yapılan çalışmalarda AD ile AF noktalarındaki ortalama mesafe 0,4–1,2 mm arasında bulunmuştur. AD çoğunlukla dentin veya DSB seviyesinde ve daha az sıklıkla sementde bulunmaktadır (21). Elli mandibular premolar diş kullanılarak yapılan bir çalışmada, AD'nin her zaman DSB'nin koronalinde konumlandığı belirtilmiştir (37). Burdan, AD ve DSB'nin çoğu zaman çakışmadığı sonucu çıkmaktadır.

Uzunlamasına alınan kesitlerde AD'nin dört olası konfigürasyona sahip olduğu gösterilmiştir. Bu konfigürasyonlar: Geleneksel tekli daralma, açılı darlık, çoklu darlık (multikonstriksiyon) ve paralel daralma olarak bildirilmiştir. Geleneksel tekli daralma ve açılı darlık en yaygın gözlenen daralma tipleridir (45).

Yapılan bir diğer çalışmada tüm dişlerin apikal daralım topografyasının yüzde 84'ü geleneksel tekli daralma olarak bulunmuş, geri kalan dişlerde ise açılı darlık, çok darlık veya paralel daralma tespit edilmiştir (60).

Klinik olarak, kök kanal prosedürlerinin sonlandırılma noktası üzerinde önemli tartışmalar yapılmış ve bu durum apikal kanal morfolojisinin klinik olarak tespiti zor ve karmaşık olmasından kaynaklanmıştır (59, 61).

Çeşitli çalışmalarda, özellikle apikal kök rezorpsiyonu ve periradiküler patolojilerin olduğu durumlarda apikal daralımın kaybolduğu bildirilmiştir (33, 36, 45, 62).

Weine (33) çalışma boyu tespiti yapılabilmesi için çeşitli durumlar için ortalama uzunluklar tespit etmiştir. Weine'e göre

- Kemik veya kök rezorpsiyonu olmayan durumlarda çalışma boyu radyografik apeksten 1 mm;

- Sadece kemik rezorpsiyonu olan vakalarda çalışma boyu radyografik apekten 1.5 mm;
- Hem kemik hem de kök rezorpsiyonu mevcut olduğunda çalışma boyu radyografik apekten 2 mm kısa hesaplanmalı ve bu boylarda çalışılmalıdır.

AD ve AF'yi klinik olarak tespit etmek mümkün olmadığından bazı araştırmacılar radyografik apeksin daha güvenilir bir referans noktası olduğunu iddia etmişlerdir (54). Bu yazarlar, pulpal tanıya bağlı olarak, kök kanal prosedürlerinin radyografik apeksin 3 mm'lik koronal kısmıyla radyografik apeks arasında bitirilmesi gerektiğini savunmuşlardır.

Vital dişler için, kök kanal tedavisinin radyografik apeksin 2-3 mm koronalinde bitirilmesinin yeterliliğini gösteren klinik ve biyolojik kanıtların olduğu bildirilmiştir (23, 63).

Devital dişlerde, kökün apikal üçlüsünde nekrotik doku artıkları, bakteri ve biyofilmler mevcut olabilmektedir. Bunlar kök kanal prosedürleri sırasında iyice uzaklaştırılmazlarsa iyileşmeyi engelleyebilirler. Çalışmalar, bu olgularda, tedavinin radyografik apeks ile radyografik apekten 2 mm koronalde bulunan nokta arasında bitirildiğinde daha iyi bir başarı oranının elde edildiğini göstermiştir (23, 63, 64). Kök kanal tedavisi 2 mm lik koronal noktanın daha koronalinde veya radyografik apeksin daha apikalinde bitirildiğinde başarı oranı % 20 azalmıştır. Taşkın preparasyon ve taşkın dolumu engelleyebilmek için kök kanal tedavilerinde çalışma boyunun radyografik apeksin 1-2 mm koronalinde bitirilmesi tercih edilmektedir.

Yakın zamanda yapılan bir çalışmada mikro bilgisayarlı tomografi kullanılarak maksiller molarların palatinal köklerinde AD'nin morfolojisi incelenmiş ve AD'nin %34 oranında mevcut olduğu bildirilmiştir. AD, sadece tek veya konik morfolojilerde mevcut kabul edilmiştir. Bununla birlikte, çoklu veya paralel şekillere sahip olan daralmalar AD noktası olarak kabul edilmemiştir (65).

Apikal daralım bölgesinin şekli dikey kesitlerde olduğu gibi, enine kesitlerde de düzensizlikler ve farklı şekiller göstermektedir. Bu şekiller oval, uzun oval, yay şeklinde veya yuvarlaktır. Wu ve ark (2000) apikal daralımların %25'inin uzun oval şekilde olduğunu bildirmişlerdir (54).

Yatay kesitlerde, AD noktasındaki kanalın labio-lingual boyutunun mezio-distal boyutundan 0.05 mm daha büyük olduğu gösterilmiştir. AD noktasında kök kanalının en yaygın şekli daireseldir ancak oval ve düzensiz ana hatlar da görülmektedir (66). Yapılan bir çalışmada maksiller santral kesici dişlerin AD noktasının, düz bir morfolojiden oluştuğu ve sadece %10'luk kısmının ortalama 0.165 mm eğim gösterdiği bildirilmiştir (67). Yine 93 kanaldan 41'inde kanal benzeri daralma gözlenirken, 52 kanalda nokta daralması gözlenmiştir (16).

AD noktası hesap edilirken hastanın yaşı da göz önünde bulundurulmalıdır. Dişin apikal bölgesinin çapı zamanla değişim göstermektedir. Stein ve Corcoran (1990) mikroskopik olarak inceledikleri 111 dişte sementodontinal genişliği 0,189 mm olarak bulmuşlardır (47).

AD noktası, kök kanal enstrümantasyonu için mümkün olan en küçük apikal boyutu temsil etmektedir (66). Kök kanal tedavilerinin bu noktada sonlandırılması, en az miktarda doku hasarı ile sonuçlanacak ve sonuç olarak minimal tamir gerekecektir (20).

Avrupa Endodonti Derneği'nin (2006) kalite yönergeleri, çalışma uzunluğu belirlenirken AD'ye olabildiğince yakın olmasını önermektedir (68). Ek olarak, AD noktasından uzakta bir genişletme yapıldığında kök kanalın apikal kısmının yeterli derecede temizlenmesi ve doldurulması zor olacaktır (21, 38, 66). Periapikal bölgede uygun histolojik yanıt, enstrümantasyon ve doldurma işlemlerinin AD seviyesinde sona erdiği zaman görülmüştür (20). Sjögren ve ark. (63), AD referans alınarak yapılan kök kanal tedavilerinin enfekte dişlerde % 90 iyileşme ile sonuçlandığı sonucuna varmışlardır. Bununla birlikte, AD'nin radyografik belirlenmesi mümkün olmadığından birçok çalışmada AD noktası radyografik apeksin 1 mm koronalinde olacak şekilde düşünülmüştür. Kök kanal preparasyonunun AD noktası referans alınarak yapılan vakaların diğer noktalara göre daha iyi tedavi sonuçlarına sahip olduğu bulunmuştur (69). Kuttler (21) tüm kök kanal prosedürlerinin AF'nin 0,5 mm koronalinde sonlandırılması gerektiğini önermiştir, çünkü bu noktanın AD'ye en yakın nokta olduğunu ileri sürmüştür. Yine bir diğer çalışmada AD noktasının yakınlarında kök kanal prosedürlerini bitirebilmek için tedavi edilen köke bağlı olarak radyografik apeksin 0,5-1,5 mm koronalinde tedavinin bitirilmesi önerilmiştir (48).

AD noktasını referans noktası olarak kabul etmek, AD noktasının apikalinde kalan enfekte doku artıklarının bırakılması ve AD'nin klinik ve radyografik olarak belirlenememesi gibi kısıtlamalara sahiptir (55). Önceden de belirtildiği gibi nekrotik pulpa ile ilişkili inflamatuvar bir süreç sonucunda meydana gelen kök rezorpsiyonlarında AD noktası ortadan kalkabilmektedir (59). İlk geliştirilen elektronik apeks buluculardan olan Endokater (Hygenic Corp, Akron, OH, ABD) tek bir frekans - empedans tabanlı bir elektronik apeks bulucu olduğundan yapılan çalışmalarda AF'nin ötesinde okumalar vermiştir (70). Bununla birlikte, empedans oranı tabanlı bir elektronik apeks bulucu olan Root ZX'in (J. Morita Corp, Osaka, Japonya) doğruluğu, kök rezorpsiyonundan etkilenmemiştir ve rezeksiyon yapılan dişlerde dahi kanalların en dar kısmını tespit edebilmiştir (15, 71).

2.5. Kanal Tedavisinde Çalışma Uzunluğunun Önemi

Çalışma boyunun doğru bir şekilde tespiti kök kanal tedavisinin başarısındaki önemli faktörler arasında yer almaktadır (59). Dezenfeksiyon ve yapılan şekillendirmenin istenen noktanın gerisinde olması durumunda dezenfekte edilemeden kalmış olan alanlarda mikroorganizmalar tekrar çoğalacak, gereken çalışma boyundan daha uzun çalışılması durumunda ise periapekte ortaya çıkan irritasyona bağlı olarak kanal tedavisinin başarısızlıkla sonuçlanması muhtemel bir durum olacaktır (72).

Siqueira (73), pulpanın preoperatif durumunun ve koyulacak olan tanının, çalışma uzunluğu tayini sırasında dikkate alınması gerektiğini önermiştir. Kök kanal tedavilerinde geçmişten günümüze klinisyenlerin karşılaştığı en önemli sorunlardan bir tanesi kök kanal tedavisinin nerede bitirilmesi gerektiğidir. Bu optimal noktanın nasıl belirleneceği de tartışma konusu olmuştur. Epidemiyolojik çalışmalar, en iyi prognoz, kök kanal dolununun radyografik apeksin 2 mm koronali ile radyografik apeks arasında bitirildiği zaman olduğunu göstermiştir. Dişlerin apekslerinde meydana gelen varyasyonlar ve yaşlanmayla birlikte oluşan sement birikimi çalışma boyu belirlemeyi güçleştirmektedir (63).

2.6. Kanal Boyu Tespitinde Kullanılan Yöntemler

Çalışma boyunu belirlemek için kullanılan geleneksel metodlar arasında (a) Kağıt Konlarda Nemlenme, (b) Parmak Hassasiyeti (Dokunma Duyusu), (c) Kanal boylarının

ortalama uzunluklarını bilmek (d) Radyografik Yöntem ve (e) Elektronik Yöntemler kullanılmaktadır.

2.6.1. Kağıt Konlarda Nemlenme

Kök kanalının biyomekanik preparasyonu tamamlandığında, kanalın kurulanması için kağıt konlar kullanılır. Kanalın kurulanmasının ardından kağıt konun ucundaki ekstra bir ıslaklık ya da kan taşkın preparasyonu işaret edebilir. Bu şekildeki kağıt kon uçları çoğunlukla apikal bölgede preparasyon esnasında yaratılan zip ya da perforasyonu işaret edebilir ki böylesi durumlarda çalışma boyutunun yeniden belirlenmesi ve yeni bir apikal preparasyon ve ek bir kanal şekillendirmesinin yapılması gerekir. Çok güvenilir olmamakla birlikte, çalışma boyunun teyidi açısından yardımcı bir yöntem olarak kullanılabilir (74).

2.6.2. Parmak Hassasiyeti

Parmak hassasiyeti, deneyimli ellerde fayda gösterebilecek bir yöntem olarak belirtilmesine rağmen birçok sıkıntıya sahiptir. Apikal daralmanın yeri, boyutu, diş tipi ve yaşlanmayla birlikte gözlenen anatomik varyasyonlar, çalışma uzunluğunun parmak hassasiyeti ile değerlendirilmesini güvenilir hale getirmektedir. Kanalın koronal 1/3 bölgesindeki dentin yeteri kadar kaldırıldığında hekim apikaldeki direnci daha iyi şekilde hissedebilmektedir. Erişkin hastalarda yapılan bir klinik çalışmada, kök kanal içeriğinin önceden çıkarılmasının, dokunma hissi ile apikal daralmayı belirleme yeteneğini önemli ölçüde arttırdığı ve vakaların %75'inde apikal daralmanın saptanmasına yardım ettiği ifade edilmiştir (75). Parmak ucu hassasiyeti ve apikal anatomiyi iyi bilinmesi kök kanal boyu tespitinde iki durumda önem kazanmaktadır. Birinci durum kanal içerisinde aşırı darlık olduğu vakalar; ikinci durum kökün son 2-3 mm'lik kısmındaki açılanmalar. Her iki durumda da duyarlı bir el, kanal aletinin ilerlemesi için daha fazla güç gerektiğini hisseder. Çünkü kanal içinde eğenin ilerlemesini engelleyen bir direnç söz konusudur.

Enflamatuar kök rezorpsiyonunun olduğu bazı durumlarda (olgularda) kök kanalının daralması tahrip edilebilmektedir. Stock (76) ile Seidberg ve ark. (77), deneyimli klinisyenler arasında bile sadece %60'ının parmak hassasiyetini kullanarak apikal

daralmayı tespit edebildiğini bildirmişlerdir. Bu nedenle parmak hassasiyeti yöntemi kanal boyu tespitinde en az güvenilir yöntem olarak görülmektedir.

2.6.3. Kanal Boylarının Ortalama Uzunluklarını Bilmek

Dişlerle ilgili genel anatomik çalışmalara bakıldığında foramen apikale ve anatomik apeks arasındaki mesafeler veya köklerin ortalama uzunlukları verilmektedir. Bu durumda çalışma uzunluğunun kanalın en dar yeri olan apikal daralmadan başlaması gerektiği hatırlanacak olursa ve bazı araştırmalara göre apikal daralma foramen apikaleden 3 mm uzak bir noktada konumlanabileceğine göre Gutierrez ve Aguayo'ya göre bu yöntem kullanılırken dişin kök ucu ile apikal daralma arasındaki uzaklık ve her kökün kendine özgü spesifik bir uzunluğunun olabileceği unutulmamalıdır (78).

2.6.4. Radyografik Yöntem

Kök kanal teavilerinde çalışma uzunluğunun radyografik tespiti uzun yıllardan beri kullanılmaktadır. Radyografik apeks, kökün ucu olarak kabul edilen anatomik apeksin radyografik görüntüsüdür (Amerikan Endodontistler Birliği 1984). Apikal foramen kök yüzeyinin bukkal veya lingualinde bulunuyorsa radyografik olarak belirlemek 2 boyutlu görüntüden ötürü zorlaşmaktadır. Ayrıca anatomik yapıların oluşturduğu süperpozisyonlar da kök kanalının apikal anatomisini radyografik olarak belirlemeyi güçleştirmektedir. Tamse ve ark'na göre (79), sekonder dentin ve semen birikimi, AD noktasını daha koronal bölgeye taşıyarak preparasyon hatalarına neden olabilmektedir. Stein ve Corcoran'a (47) göre de geleneksel radyografik yöntemin en büyük dezavantajlarından biri radyografların üç boyutlu bir yapının iki boyutlu görüntüsünü sağlamasıdır. Ayrıca hastaların radyasyona maruz kalması, elde edilen görüntünün yoruma açık olması gibi dezavantajları bulunmaktadır. Radyasyona maruz kalmayla ilgili kaygılar ve elektronik olarak saklanan hasta kayıtlarının kullanımının artmasıyla, çeşitli tiplerde dijital radyografi makineleri tanıtılmıştır.

Bunlar film yerine sensör kullanan ve radyasyon dozunu azaltmayı hedefleyen radyografi sistemleridir. Ayrıca görüntü elde etme hızı ve elde edilen görüntünün geliştirmesi ve düzenlenmesi de bu sistemlerin avantajlarından (80).

Cederberg ve ark. (81), fosfor plaklarla yaptıkları dijital görüntüleme çalışmalarında, hem çalışma uzunluğu değerlendirmesi hem de performans özellikleriyle fosfor

plakların daha iyi sonuç verdiğini belirtmişlerdir. Ancak Friedlander ve ark. (82), yaptıkları çalışmada ince endodontik eğelerin ve periapikal lezyonların netliğinin, konvansiyonel filmlerde fosfor plaklara oranla daha iyi olduğunu bildirmişlerdir.

Radyografik apeks, ölçümlerde kullanılan ve radyografi üzerinde görülen nokta olarak tanımlanmaktadır. Kökün radyografide gözlenen en uç noktasıdır ancak kök kanal tedavilerinin bitirilmesi istenen bölge değildir. Zira apikal foramenle radyografik apeks arasındaki bölge “black aralığı” şeklinde tanımlanmakta olup burası periodontal ligament tarafından doldurulmaktadır. Radyografik apeksin kemomekanik preparasyon ve tıkamada önemli referans noktası olan AD ile genellikle aynı noktayı göstermeyeceği akılda tutulmalıdır (75). Hekimleri radyografik olarak yanılığa götüren başlıca etkenler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- 1- Radyografilerin yalnızca iki boyutlu yorumlanabilmesi
- 2- Apikal foramenin radyografik apeksten oldukça farklı yerlerde bulunabilme olasılığı
- 3- Işınlanma süresi ve banyo işlemleri esnasındaki teknik hatalar
- 4- Maksiller sinüs, zigomatik ark ve mandibular kanal gibi anatomik yapıların diş kökleri ile superpoze olması

Yukarıda belirtilen sebeplerden ötürü radyografik apeks referans alınarak elde edilen çalışma boyundan en az 0.5 mm’lik hata payı düşülmelidir. Zira elde edilen boyut tahminidir. Bu sebeplerden ötürü radyografik yöntemin güvenilirliği tartışmalıdır. Benzer şekilde teşhis filminden çalışma boyutunun tespit edilmesi için Ingle tarafından kendi adını taşıyan bir yöntem geliştirilmiştir (83). Ingle, teşhis radyografisi üzerinde diş boyunun ölçülebildiğini ifade etmiş olup bu boyuttan 2-3 mm çıkarılıp lastik stop ile kanal aleti üzerinde istenilen boyut belirlenir. Sonrasında ise kanal aleti bu boyutta kanal içerisinde yerleştirilir ve bir film daha alınır. Radyografideki bu görüntüde kanal aletiyle kök ucu arasındaki mesafe ölçülür. Yapılan bu ölçümlerden 0.5 mm emniyet payı çıkarılıp çalışma boyutu tespit edilir. Fakat bu işlem de tahmine dayalı bir yöntemdir (83).

Film alma işleminin tekrarlandığı vakalarda fazla radyasyon dozu, banyo için fazla zaman gerekmesi, hastada doğabilecek güvensizlik duygusu ve bilhassa kusma refleksinin olduğu hastalarda manüplasyonun zor olmasına karşın radyografik

uygulamalar çalışma boyutunun belirlenmesinde en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Bazı araştırmalarda dijital görüntüleme sistemlerinin intraoral filmlere kıyasla çalışma uzunluğunun belirlenmesinde daha iyi performansa sahip olduğu bildirilmiştir (84).

Dijital görüntülerde yapılan ölçümler arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır (85). Sensörün belirli bir teşhis görevi için iyi olup olmadığını belirlemek amacıyla kullanılan sensör tipi, yazılım, işleme, ekran kartı ve monitör ile görüntüleme koşullarının analiz edilmesi önemlidir. Kalibrasyonun teşhis doğruluğunu arttırdığı bilinmektedir (86). Benzer şekilde, optimal işlem parametrelerinin kullanılması, görüntü kalitesini, teşhis sonuçlarında anlamlı bir fark yaratma derecesine kadar artırır. Örneğin, yoğunluk grafiği analizi, endodontik eğe ölçümlerinde anlamlı derecede faydalı bulunmuştur (87).

Direkt dijital radyografinin (DDR) (CCD, CMOS) en büyük avantajı, dozun intraoral filmler için gerekli olan dozdan önemli ölçüde daha az olmasıdır. Bu nedenle, DDR kullanımında performans olarak intraoral filmlerle kıyaslandığında anlamlı bir fark ortaya çıkmıyorsa radyasyon dozunun az olmasından ötürü kullanımı mantıklıdır (88).

Genel olarak dijital görüntüleme yazılımı ile elde edilen üç ölçüm türü vardır. (1) Doğrusal ölçüm; milimetre cinsinden iki nokta arasındaki mesafe ölçümü, (2) açı ölçümü; iki çizgi arasındaki açının ölçülmesi ve (3) alan ölçümü; görüntünün alanının veya görüntünün bir bölümünün ölçülmesi olarak tanımlanabilir. Konvansiyonel intraoral filmlerde de dijital görüntüleme yöntemlerinde de 2 boyutlu görüntü elde edileceğinden ölçüm hataları oluşabilmektedir. Çekilmiş insan dişleriyle yapılan çalışmalardan birinde kök kanallarına yerleştirilen eğe uzunlukları görüntülenmiştir ve dijital görüntüleme yöntemlerinin konvansiyonel görüntülerden çok daha az ölçüm hatası olduğu öne sürülmüştür (89). Bu çalışmada çıkan sonuçlar doğru olsa bile, yazarların işaret ettiği gibi, ölçüm farklılıkları klinik olarak bir anlam ifade etmeyebilir.

Preoperatif radyografiler ile kök kanal sisteminin anatomisinin, kök sayısının ve kök eğriliklerinin belirlenmesi, pulpal veya periodontal hastalıkların ön tanılarının yapılması ve çalışma uzunlukları için tahminde bulunulması endodontik tedavilerde çok faydalıdır. Kök kanal tedavilerinde radyografilerle birlikte elektronik apeks bulucuların kullanılması, çalışma uzunluğunun daha kontrollü bir şekilde tespit edilmesini sağlamaktadır ve bu da hata payını en aza indirmektedir (8, 90).

2.6.5. Elektronik Yöntem (Elektronik apeks bulucu – EAB)

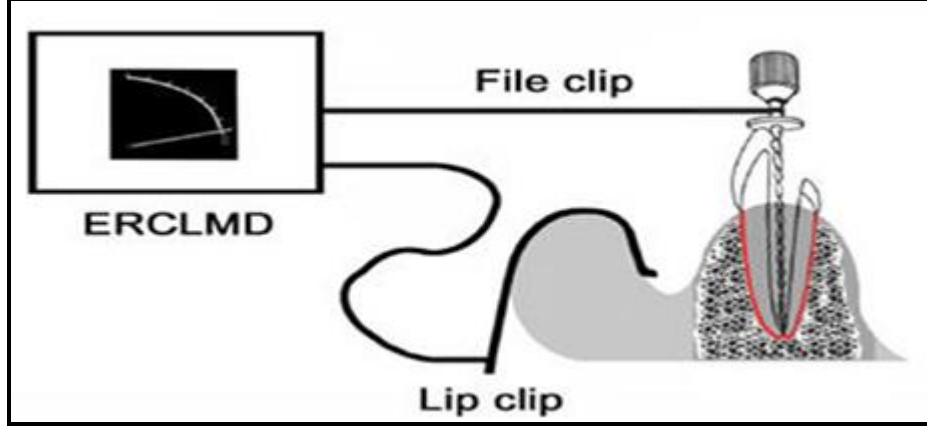
2.6.5.1. Elektronik Apeks Bulucu – EAB ve EAB'lerin tarihçesi

Elektronik apeks bulucular, kanaldaki eğenin pozisyonunu belirlemeye yardımcı olmak amacıyla 40 yıldan uzun bir süredir klinik olarak kullanılmaktadır. EAB insan dokularının elektriksel özelliklerini baz alarak oluşturulmuş bir elektronik devredir. Kök kanalı elektrik akımını iletmeyen sement ve dentin ile kaplıdır. Bununla beraber kanal içerisindeki iletken maddeler elektrik akımını periodontal ligamente iletirler. Diş dokusu ve kanal aleti bir elektrik devresindeki bileşenler olarak düşünülecek olursa devrenin direnç ve kapasitans özelliklerinin olduğu anlaşılır.

Kök kanal boyutunun belirlenmesi için ilk elektronik yöntem 1918 yılında Custer tarafından araştırılmıştır (91). Fakat bu cihazların kullanabilir olduğunun ortaya konması 1942'de Suzuki tarafından köpekler üzerine gerçekleştirilen deneysel çalışmalar ile gösterilmiştir (92). Suzuki yapmış olduğu çalışmayla periodontal membranla mukoza arasında 6.5 k Ω 'luk bir direnç bulunduğunu, bunun ağız içindeki her yerde sabit olduğunu belirlemiştir. Araştırmacı aynı zamanda belirtilen bu değer için dişin türü, hastanın yaşı ve cinsiyeti gibi faktörlerden etkilenmediğini bildirmiştir (92).

Sunada 1962 yılında bu prensipleri kullanarak ve insanın yaşından bağımsız olarak mukoza ile periodonsiyumun herhangi bir bölgesi arasında 6.5 k Ω 'luk bir elektriksel direnç olduğu prensibiyle kök kanal uzunluğunu ölçmek için direkt akım kullanan basit bir cihaz üretmiştir (11). Inoue, 1970 yılında Sono Explorer isimindeki elektronik apeks bulucunun üretilmesi ve bu alet hakkındaki raporlarıyla Kuzey Amerika'daki elektronik apeks bulucu sistemlerin geliştirilmesine önemli katkılarda bulunmuştur. Kobayashi tarafından 1980'lerin sonlarında geliştirilen üçüncü nesil EAB'ler; iki farklı frekansın empedansını aynı anda ölçmek için çoklu kanal empedansı oranlı teknolojiyi kullanmıştır (93).

EAB'ler bir elektrik devresini tamamlamak için insan vücudunu kullanarak çalışır. Apeks bulucunun devresinin bir tarafı bir dudak klipsi vasıtasıyla ağız mukozasına diğer tarafı ise bir eğeye bağlanır (Şekil 2.1). Eğe kök kanalına yerleştirildiğinde ve ucu apekte periodontal dokuya değene kadar apikal olarak ilerletildiğinde elektrik devresi tamamlanır (4, 94).



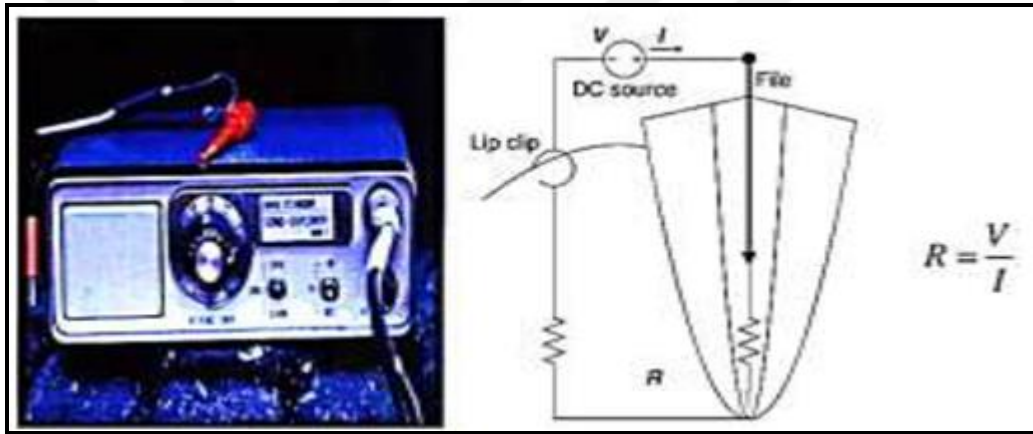
Şekil 2. 1. Çalışma uzunluğunun elektronik olarak belirlenmesini gösteren devre

Bir devre tamamlandığında (periodontal doku, eğenin ucuyla temas ettiğinde), direnç belirgin şekilde azalır ve akım aniden akmaya başlar. Cihazlara bağlı olarak, bu ani akım, bir bip sesi, sesli uyarıcı, dijital okuma, yanıp sönen ışık veya ekran göstergesindeki sinyallerle gösterilir ve aletin kök ucundaki konumu tam olarak belirlenmeye çalışılır (4, 94).

2.6.5.2. EAB tipleri

A. Rezistans Tip Elektronik Apeks Bulucular (Birinci Nesil): 1962’de Sunada tarafından oral mukoza ve periodontal ligament arasındaki sabit elektriksel direnç farkı kullanılmak suretiyle kök kanal boyutunun ölçülebileceği gösterilmiştir. Sunada tarafından yapılan çalışmada kullanılan cihaz “The Root Canal Meter (Onuki Medical Co, Tokyo, Japonya)’dir (Resim 2.1) (10). Bu cihaz periodontal ligament ile oral mukoza arasında 6,5 k Ω ’luk elektrik direncinin varlığı prensibine göre tasarlanmıştır. Rezistans tip EAB’lerde dudak klipsi ve endodontik eğe arasındaki direnç farkı basit bir devreyle ölçülmekte olup 6.5 k Ω ’luk değere ulaşıldığı zaman eğenin dişle periodontal ligamentin birleşme sınırında olduğu kabul edilmektedir (4, 10). The Root Canal Meter’in yanı sıra aynı üretici tarafından benzer tasarımla çalışmakta olan “Endodontic Meter ve Endodontic Meter S2” cihazları üretilerek kullanıma sunulmuştur. Bu yeni cihazlarda kullanılan akım 5 μ A’e düşürülerek The Root Canal Meter’le ölçüm yapılan hastalarda ortaya çıkan elektrik şoku yakınmalarının minimize edilmesi amaçlanmıştır. (95). Birinci nesil EAB’lerin en önemli dezavantajı canlı pulpa dokusu gibi bir iletkene

temas ettiğinde ya da kanal içerisinde elektro iletken bir irrigasyon solüsyonu olduğunca cihazın yanlış ölçüm yapmasıdır (10, 96). Belirtilen bu sorunun sebebi bu tarz cihazların kanal içindeki sıvıdan, doku artıklarından etkilenmeleri ve devre tamamlanmış gibi algılaması olup bu durumda ege minör foramene ulaşmadan EAB tarafından ulaşılmış gibi algılanmakta ve böylelikle çalışma boyu ölçümü başarısız olmaktadır (96). Rezistans tip EAB cihazların bir diğer dezavantajı ise kullanılan pilin zayıflaması durumunda ölçümlerin başarısız olmasıdır. Aynı zamanda kullanılmakta olan doğru akımın kalp pili olan hastalarda önemli sorunlara yol açabileceği de bilinen bir gerçektir. Bu EAB'lerin kullanımdan önce kalibrasyonlarının yapılması gerekir. Kalibrasyonlardaki hatalar yanlış ölçümlere yol açabilmektedir. Aynı zamanda açık apeksli ve peridontal lezyonu bulunan dişlerde devre net olarak tamamlanamazsa başarısız ölçümler ortaya çıkabilir (7).



Resim 2. 1. Root Canal Meter

B. İmpedans Tip Elektronik Apeks Bulucular (İkinci Nesil): Kök kanalında koronerden apikale doğru uzanan, apikale gittikçe artan elektriksel bir impedans bulunmaktadır (7). Kanalın en dar yeri olan AD bölgesinde kök kanal duvarından geçen impedanstaki ani düşüş cihazlar tarafından tespit edilip çalışma boyutu tespit edilmektedir (7). Inoue tarafından 1971’de bu prensip ile çalışan ilk cihaz olan Sono Explorer (Hayashi Dental Supply, Tokyo, Japonya) (Resim 2.2.) geliştirilerek kullanıma sunulmuştur (10). Bu cihaz iki empedansı ölçmekte olup okuma değerleri birbirine yaklaştığında kanal sonlanmasını saptamaktadır ve ege apekse ulaştığı zaman kullanıcıyı düşük frekanslı bir ses ile uyarmaktadır. 1986’da Hasegawa ve ark. tarafından yüksek frekanslı bir devre kullanan (400 kHz) “Endocater” cihazı

tanıtılmıştır (95, 97). Bu cihaza iletken sıvı varlığında da doğru ölçüm yapılabilmesi için üzeri yalıtkan (teflon) kaplı bir ege kullanılmak suretiyle yalıtım sağlanmaya çalışılmış olmasına karşın kaplanan ege dar kanallarda kullanılamamıştır (98, 99). Himel ve Schott, (99) teflon kaplamanın sterilizasyon işlemleri esnasında zarar gördüğünü bildirmiştir. Bu cihazın bir diğer dezavantajı ise hastalarda ağrıya benzer bir hisse yol açması ve her kullanımdan önce kalibrasyon gerektirmesidir (100).

İmpedans tipi cihazlarda rezistans tip cihazlarda görülen dudak klipsinin temasında ortaya çıkan sıkıntıların üstesinden gelebilmek için dudak klipsi yerine elde tutulan bir parça tasarlanmıştır. Böylelikle daha ergonomik ve enfeksiyon kontrolünün de daha kolay sağlanabildiği yeni bir düzenek oluşturulmuştur (7).



Resim 2. 2. Sono-Explorer (Hayashi Dental Supply, Tokyo, Japonya)

C. Frekans Tip Elektronik Apeks Bulucular (Üçüncü Nesil): Bu EAB'ler kanalın sonlandığı noktayı tespit ederken iki farklı frekans ve empedans ölçümünü değerlendirmektedir (7, 95). Üçüncü nesil EAB'lere göre çok daha kuvvetli mikroişlemcileri bulunmakta olup doğru ölçüm yapılabilmesi için gerekli olan matematiksel algoritmik ölçümleri başarılı bir şekilde gerçekleştirirler (95).

Yamashati tarafından 1990'da birinci ve ikinci nesil EAB'lerin en önemli sorunlarından olan değişken kanal koşullarında bile doğru kanal boyu ölçümünü sağlayan yeni bir EAB geliştirilmiştir (101). Yeni geliştirilmiş olan bu cihaz iki farklı frekanstaki impedans değerini ölçmekte olup düşük ve yüksek frekanstaki değerler arasındaki

farklılıkları da hesaplamak suretiyle kanal boyu ölçümünü yapar. Kanal eğesi apikal foramene ulaştığı zaman iki impedans değeri arasındaki fark aniden artar. Frank ve Torabinejad, bu grupta yer alan Apit/Endex (Osada Electric Co., Tokyo, Japonya) (Resim 2.3.A) cihazını kanalın nemli olduğu durumlarda kullanmışlar ve yüksek oranda başarılı ölçüm (%89) yapabildiğini bildirmişlerdir. Fakat bu cihazın her kullanımdan önce kalibrasyon gerektirmesi gibi önemli bir dezavantajı vardır (13).

1991'de Kobayashi ve ark. nemli ortamda kullanılabilen ve otomatik kalibrasyon sağlayan ilk modern EAB olan Root ZX'i (J. Morita, Tokyo, Japonya) (Resim 2.3.B) (Tablo 2.2) tanıtmışlardır (102). Root ZX, kanalın sonlanma noktasını tespit etmek için, aynı anda 0,4 ve 8 kHz'lik frekanslarda impedans değerlerini ölçerek birbirlerine oranlar. Kuvvetli mikro işlemcilerle sahip olduğu, matematiksel oranlama ve algoritma hesabı yapabildiği için daha doğru sonuçlar verdiği rapor edilmiştir (95, 103).

Kobayashi ve Suda, farklı frekanslardaki empedans oranlarının, kanallarda farklı elektrolit sıvıların (NaOCl, distile su, EDTA gibi) varlığında bile değişmediğini göstermişlerdir (104).

Dunlap ve ark. Root ZX'in canlı ve nekroze pulpal kanallarda %82,3 oranında başarılı ölçümler yapabildiğini (105), Shabahang ve ark. ise Root ZX'in vakaların %96,2'si gibi yüksek bir oranda doğru ölçüm yaptığını bildirmişlerdir (71). Tespit edilen yüksek doğruluk oranları Root ZX'in bir dönem yapılan çalışmalarda referans olarak kabul edilmesine neden olmuştur (95).



Resim 2. 3.A) Endeks elektronik apeks bulucu, **B)** Root ZX

Tablo 2. 2. Root ZX'in güvenilirliğini incelemek için yapılan çalışmalar

Araştırmacılar	Test Tipleri	Doğruluk (%)	Örnek
Daimi Dişlerde Klinik Doğruluk			
Czerw ve ark. (1995)	İn vitro	100	30
White ve ark.(1996)	İn vitro	84	51
Ounsi ve Naaman(1999)	In vitro	85	39
Solusyon varlığında Doğruluk			
Shabahang ve ark.(1996)	In vitro	96	26
Weiger ve ark.(1999)	In vitro	85	41
Meares ve ark.(2002)	In vitro NaOCI ile doğruluk	83	40
Daimi Dişlerde Klinik Doğruluk			
İn vivo			
Vajrabhaya ve Tepmongkol(1997)	In vivo	100	20
Pagavino ve ark.(1998)	In vivo doğruluk - SEM	83	29
Mcdonald ve ark.(1999)	In vivo	95	20
Süt Dişlerinde Klinik Doğruluk			
İn vitro			
Katz ve ark.(1996)	In vitro	100	20
Mente ve ark.(2002)	Rezorbe süt dişi- In vitro	98	24
Kielbassa ve ark.(2003)	In vitro	64	71

D. Orantı Tip Elektronik Apeks Bulucular (Dördüncü Nesil): Farklı frekanslar için ölçülen impedans değerlerinin oranlanması prensibine dayanarak çalışan bu cihazlarda çalışma prensibi birbirine benzer olmakla birlikte kullanılan frekans sayısı, verilerin işlenmesi ve değerlendirilmesi ile ilgili farklılıklar göze çarpmaktadır. Örneğin beş farklı frekans kullanan Endo Analyzer 8005 (Analytic Endodontics, Sybron Dental, Orange, CA, ABD) ve AFA Apex Finder 7005 (Analytic Endodontics, Sybron Dental, Orange, CA, ABD) (Resim 2.4) cihazlarının yanında her seferinde tek bir frekansı dikkate alan, Bingo 1020 (Forum Engineering Technologies, Rishon Lezion, İsrail) (Resim 2.5) cihazı da dördüncü nesil EAB olarak kabul edilmektedir (95). Üretici firma her seferinde tek frekanslı sinyal kullanım kombinasyonunun, cihazın güvenilir ölçüm yapma ihtimalini yükselttiğini iddia etmiştir (95). Tınaz ve ark. Bingo 1020 cihazının doğruluğunun Root ZX cihazına benzer olduğunu yaptıkları in vitro çalışma ile göstermişlerdir (14).

2003 yılında kullanıma sunulan Elements Diagnostic Unit Apex Locator (SybronEndo, Anaheim, CA, ABD) (Resim 2.6) rezistans ve kapasitansı ayrı ayrı ölçer ve ölçtüğü kapasitans ve rezistans değerlerinden ortak bir sinyal oluşturur (95). Elde edilen değerleri kendi tablosundaki değerlerle kıyaslayarak eğerin kanal içindeki yerini bu yöntemle belirler (106). Cihazın modern elektronik dijital devrelerinin cihaza güvenilir

ölçüm yapabilme özelliği sağladığı iddia edilmektedir (95, 107). Bu nesilde yer alan diğer bir EAB ise çoklu frekans temelli Propex'dir (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, İsviçre). Kanal boyu tespiti için diğer çoklu frekans kullanan modern cihazlarla aynı prensibi kullanır. ProPex'in en karakteristik özelliği cihazın kanal boyu ölçümünün sinyalin enerjisine bağlı olmasıdır; diğer EAB'lerde ise kanal boyu ölçümü sinyalin amplitüdüne (genişliğine) bağlıdır. Üretici firma enerji ölçümünün daha hassas kanal boyu tespiti sağladığını iddia etmektedir ancak cihazın teknik özellikleri ile ilgili net bir bilgi vermemektedir (107).



Resim 2. 4. AFA Apex Finder 7005 (Analytic Endodontics, Sybron Dental, Orange, CA, ABD)



Resim 2. 5. Bingo 1020 (Forum Engineering Technologies, Rishon Lezion, İsrail)



Resim 2. 6. Elements Diagnostic Unit Apex Locator (SybronEndo, Anaheim, CA, ABD)

E. Çift Frekans Oranı Tipi Elektronik Apeks Bulucular (Beşinci Nesil): Dördüncü nesil cihazların önemli bir dezavantajı, bu cihazların nispeten kuru veya kısmen kurutulmuş kanallarda kullanılması gerekliliğidir. Bu durum, kanalda ek bir kurutmayı gerektirir ve ağır eksüda veya kan varlığında cihaz doğru şekilde çalışamaz hale gelebilir.

Önceki nesil elektronik apeks bulucular ile ilişkili problemlerle başa çıkmak için kanalın elektriksel karakteristiğinden ve ek matematiksel işlemlerden elde edilen verilerin karşılaştırılmasına dayanan yeni bir ölçüm yöntemi geliştirilmiştir. Ve böylece beşinci nesil elektronik apeks bulucular (Çift Frekans Oranı Tipi) piyasaya sürülmüştür. Beşinci nesil elektronik apeks bulucular 2003 yılında E-magic Finder serisi olarak geliştirilmiştir (Resim 2.7). Bu sistem devrenin kapasitans ve direncini ayrı ayrı ölçmektedir ve herhangi kök kanal koşulunda (kuru, ıslak, kanama, salin, EDTA, NaOCI) en doğru sonuçlara ulaşabildiği bildirilmiştir (24, 33).



Resim 2. 7. E-Magic Finder

F. Adaptif Elektronik Apeks Bulucular (Altıncı Nesil): Adaptif elektronik apeks bulucu sistemler, popüler apeks bulucular ile ıslak kanallarda çalışıldığında hatalı sonuçlar vermesi ve kuru kanallarda çalışma zorluğu gibi zorlukları ortadan kaldırmaktadır. Adaptif Elektronik Apeks Bulucu sistemlerden olan Raypex 6 (VDW) (Resim 2.8) kuru veya ıslak kanallara hemen adapte olma özelliği taşımaktadır. Bu nedenle kuru veya ıslatılmış kanallarda kullanılabilme imkanına sahiptir. Yine kan veya eksüda içeren kanallar veya pulpa dokusunun tam olarak çıkarılamadığı kanallarda başarılı şekilde çalışabilmektedir. Uzun süreli kullanımda 6. nesil EAB'lerin etkinliği henüz belirlenmemiştir. Adaptif elektronik apeks bulucuların en önemli avantajlarından biri kanalın kurutulması ve nemlendirilmesi gerekliliğini ortadan kaldırmasıdır (108).



Resim 2. 1. Raypex 6

Tablo 2. 3. Çeşitli Elektronik Apex Bulucuların Avantaj ve Dezavantajları

Apeks Locator	Marka	Avantaj	Dezavantaj
Rezistans Tip	SonoExplorer, Neosono, Dentometer, Foramatron, Endometer Endoradar	Kullanım kolaylığı, Dijital çıkış, Duyulabilir ses uyarısı, K tipi kanal aletinin kullanılabilirliği.	Kuru ortamın şart olması, Hastada duyarlılık, Kalibrasyon gerektirmesi.
Empedans Tip	Sono-Explorer Mark III, Exact-A-Pex, Endocater, Apex Finder, Neosono-D	Nemli ortamda çalışabilme, Analog gösterge, Hastada duyarlılık yok, Bazılarında dudak klibi yok.	Kullanımları zor, Dijital okuma yok, İzole edilmiş özel prob her kanala uygun değil.
Frekans Tip	Endex/Apit, Apex Finder AFA, Neosono Ultima EZ, Root ZX	Kullanım kolaylığı, Nemli ortamda çalışabilme, Duyulabilir ses uyarısı isteğe bağlı, Şarj edilebilir pille çalışması, Hastada duyarlılık yok	Dudak klibinin fazla teması
Orantı Tip	Bingo 1020, Ray pex 4, Elements DU Apex L	Kullanım kolaylığı, Dijital okuma dilimleri, Normal kalem pille çalışabilmesi, Nemli ortamda çalışabilme	Dudak klibinin fazla teması
Beşinci Nesil Apex Locatorlar (Çift Frekans Oranı Tipi)	Propex II (Dentsply Maillerfer, Ballaiques, Switzerland) Top of Form Bottom of Form Apex Locator Joypex 5 (Henan, CBD Neihuan Road, Zhengzhou, China) I-ROOT (E-Magic Finder)(S-Denti SEoul, South Korea) Raypex 5 (VDW, Munich, Germany)	Devrenin kapasitans ve direncini ayrı ayrı ölçer. Dosyanın istatistiğini içeren teşhis tablosu tarafından sağlanır. Herhangi bir kök kanalında (kuru, ıslak, kanama, salin, EDTA, NaOCI) en iyi doğruluğa sahiptirler.	
Altıncı Nesil Apex Locatorlar (Adaptif Apeks Locatorlar)	Raypex 6 Apex Locator (VDW), ProPex Pixi (Dentsply, USA)	Adaptif apeks bulucu ile ölçüm, kanın varlığında, ayrıca ithal edilen sıvı / sodyum hipoklorit / veya kuru kanalların manipülasyonunda yüksek derecede ölçüm hassasiyeti elde etmenin yanı sıra kanalın kurutulmasının veya nemlendirilmesinin gerekliliğini ortadan kaldırmayı da sağlar.	

2.7. Elektronik Apeks Bulucuların Kullanım Alanları

Elektronik apeks bulucular kök kanal boyu tespit etmenin dışında kök perforasyonlarını ve furkasyon perforasyonlarını klinik olarak kabul edilebilir sınırlara kadar saptamak (4), horizontal kök kırıklarının tespit etmek, post yerleştirilmesi sırasında şüphelenilen

periodontal veya pulpal perforasyonları doğrulamak, internal veya external kök rezorpsiyonlarını belirlemek için kullanılabilir. Ayrıca bazıları kök gelişimini tamamlayamayan immatüre dişlerde apeksifikasyon gerekip gerekmediği konusunda ön bilgi edinmede de yardımcı olmaktadır (94, 109, 110).

Hekim hataları, dişlerdeki anatomik varyasyonlar, fizyolojik ve patolojik kalsifikasyonlar gibi birçok sebepten ötürü kanal aranırken furkasyon perforasyonu gerçekleştirilebilir. EAB'ler kanal boyu tespitinin yanında perforasyonların tespitinde de hekimlere katkı sağlamaktadır. Devital dişlerde perforasyon alanında kanamanın başlaması hekimin kolayca perforasyon varlığını tespit etmesini sağlarken vital dişlerde perforasyonun tespiti daha zor olmaktadır. Eğer oluşan perforasyon kanal girişi zannedilerek genişletme ve irrigasyon işlemlerine geçilirse dramatik tablolar oluşabilmektedir (111).

Aşırı eğimli köklere sahip dişlerde kanal şekillendirilmesi esnasında doğru teknik ve aletler kullanılmadığı takdirde kanal anatomisiyle paralel bir şekillendirme yapılamaz ve basamak oluşumu, devamında da perforasyon oluşumu gerçekleşir. Bu gibi durumlarda da EAB'ler perforasyonun lokalizasyonunu kolaylaştırmaktadır. İyi eğitilmiş endodontistler için bile, kökün bukkal veya lingual yüzeyindeki perforasyonların radyografik olarak tespiti zordur (112). EAB'lerin apikal daralım, apikal foramen, yatay kök kırığı ve apikal kök rezorpsiyonunun yerini kesin olarak belirleyebileceği ileri sürülmüştür (113, 114). Ayrıca EAB'lerin, kökteki perforasyonların lokalizasyonlarını tam olarak belirlemedeki etkinliği, önceki çalışmalarda deneysel olarak test edilmiştir; sonuçlar EAB'lerin in vitro koşullarda kök perforasyonlarını tespit etmek için kabul edilebilir bir yöntem olduğunu göstermiştir (115, 116, 117).

Apikal rezeksiyon uygulanmış dişlerde kanal tedavisi yenilenmesi gereken durumlarda kanal boyu tespiti zorlaşmaktadır; özellikle kökün eğimli olarak kesildiği olgularda radyografik yöntemle boy tespiti güvenli olmayabilir. ElAyouti ve ark. yaptıkları çalışmada EAB'lerin kanalın sonlandığı noktayı kabul edilebilir düzeyde başarılı bir şekilde tespit ettiğini rapor etmişler, en başarılı sonucun %90 lık doğruluk oranıyla Root ZX'e ait olduğunu bildirmişlerdir (17).

Yatay kök kırıklarının lokalizasyonunun tespitinde EAB'lerin kullanımı değerlendirilmiş ve oldukça başarılı sonuçlar alınmıştır (118, 119).

Oblik kırıklarda kanal devamlılığının bozulduğu noktanın lokalizasyon tespiti iki boyutlu radyografide oldukça zordur ve EAB'lerin kullanımı daha güvenli bir şekilde tedavinin sürdürülmesine katkı sağlamaktadır. EAB'lerin kalp pili taşıyan hastalarda kullanımına şüpheyle yaklaşılmaktadır. Üretici firmalar özellikle kullanılmamalarını önermektedirler (120). Ancak konuyla ilgili literatür incelendiğinde yeni nesil EAB'lerin kalp pili taşıyan hastalarda kullanılabileceği vurgulanmakta, ancak kardiyoloji uzmanının onayı ve yönlendirmesiyle hastada bulunan kalp pilinin çalışma dizaynı gözden geçirilerek tedaviye başlanması önerilmektedir (121, 122).

2.8. Endodontide EAB Kullanımının Avantaj ve Dezavantajları

2.8.1. Endodontide EAB Kullanımının Avantajları

EAB kullanımının avantajları şu şekilde özetlenebilir:

- 1- EAB'ler, radyografik apeks yerine apikal foramene kadar uzunluk ölçen tek metoddur (114, 123).
- 2- Klinik ve laboratuvar çalışmaları, EAB'leri kullanarak çalışma boyu belirlemenin geleneksel radyografi yönteminden daha güvenilir ve doğru sonuçlar verdiğini kanıtlamıştır (114, 124).
- 3- Kök ve pulpal taban perforasyonlarının yerini belirlemek için yararlı ve güvenilir bir metoddur (115, 116).
- 4- Hekim ve hastanın X ışınlarından korunması sağlanmaktadır.
- 5- Ölçüm yapısı hassastır.
- 6- Hızlı ve kolay sonuç alınabilmektedir.
- 7- Yeni nesil EAB'ler, farklı koşullar altında yüksek etkinlik, tekrarlanabilirlik ve güvenilirlik gösterebilmektedir (107, 114, 125).

2.8.2. Endodontide EAB Kullanımının Dezavantajları

EAB'nin en önemli dezavantajı kanaldaki empedans büyüklüğünün kanal içindeki elektrolitlerden etkilenmesinden kaynaklanmaktadır. Ancak bu dezavantaj yeni nesil apeks bulucuların üretimi ile birlikte (Apit, Root ZX) neredeyse tamamen ortadan kalkmıştır. (126) Dezavantajlar özetle şöyle sıralanabilmektedir:

- 1- Özel aygıtlara ihtiyaç vardır.
- 2- Serum fizyolojik, kan, anestezi solüsyon, ve irrigasyon solüsyonları gibi yüksek elektro-iletken sıvıların EAB performansının doğruluğunu etkileyip etkilemeyeceği konusunda hala bir endişe bulunmaktadır (127).
- 3- Apeksin genişliği arttıkça ölçümün doğruluk oranı azalmaktadır (6).
- 4- Yeni nesil apeks bulucular hariç vital dişlerde tutarsız sonuçlar alınabilmektedir.
- 5- Hassasiyet kanalın elektriksel durumundan etkilenmektedir.

2.9. Elektronik Apex Locatorların Ölçüm Doğruluğunu Etkileyebilen Faktörler

Elektronik Apex Locatorların ölçüm doğruluğunu etkileyebilen faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Elektrik ileten solüsyonlar
2. Pulpa vitalitesi
3. Süt dişleri
4. Kök rezorpsiyonu
5. Foramen apikale'nin çapı
6. Perforasyonlar ve kök kırıkları

2.9.1. Elektrik İleten Solüsyonlar

İlk jenerasyon EAB cihazların kök kanlındaki nem, kan, vital pulpa dokusu ve kök kanal irrigasyon solüsyonları gibi elektro iletken solüsyon ve doku sıvıları varlığında yanlış sonuçlar verdiği bildirilmiştir (70, 128).

Genç jenerasyon EAB'ler genellikle iletken akışkanların varlığında yanlış sonuçlar vermektedir (129). Ancak, yeni nesil EAB üreticileri, bu yeni cihazların yıkama çözeltilerinden olumsuz etkilenmediklerini iddia etmektedir (130). Yeni nesil EAB'ler, iki veya ikiden fazla frekans kullanarak kök kanal uzunluğunu belirler, bu da çeşitli elektrolitlerin varlığında doğru şekilde çalışmasını sağlar. Bununla birlikte, yüksek elektro iletken iyonların kan, salin, anestezi solüsyon, irrigant sıvılar ve sodyum hipokloritin EAB performansının doğruluğunu etkileyip etkilemeyeceği konusunda hala bir endişe bulunmaktadır (127).

Prasad Ashwini ve ark. 2016 yılında yaptıkları çalışma Root ZX ve i-Root elektronik apeks bulucularının yıkama çözeltilerinin varlığında kanal uzunluğunu doğru ölçebildiğini ortaya çıkarmıştır. Kök kanalında serum fizyolojik, NaOCl, klorheksidin ve EDTA'nın sulu çözeltilerinin bulunması, Root ZX veya i-Root'un ($P < 0.36$) doğruluğunu az da olsa etkilemiştir, ancak klinik olarak önemi yoktur. Sonuç olarak Root ZX ve i-Root, çeşitli irrigasyonların varlığında çalışma uzunluğunu belirlemek için güvenle kullanılabilir ve kök kanalının içeriği de, EAB kullanılarak çalışma uzunluğu ölçülürken doğruluğu etkilememiştir (131).

Altunbaş D ve ark. 2017'de yaptıkları çalışmada irrigasyon solüsyonlarının mevcudiyetinde (%2.5 sodyum hipoklorit (NaOCl), %0.9 tuz çözeltisi (NaCl) ve %17 EDTA) Dentaport ZX ve Rotor elektronik apeks bulucuların doğruluğunu değerlendirmişlerdir. Her iki EAB için de en doğru ölçümler kuru koşullarda elde edilmiştir. Dentaport ZX grubundaki yıkama solüsyonları arasında EDTA en doğru sonucun elde edildiği solüsyon grubu, NaOCl ise en yanlış sonuçların elde edildiği grup olarak bulunmuştur. Bununla birlikte, NaCl kullanılarak yapılan ölçümler, Rotor grubu için EDTA ile elde edilenlere göre gerçek uzunluğa daha yakındı. NaOCl, NaCl ve EDTA kullanılarak yapılan ölçümlerde EAB'ler arasında istatistiksel farklılıklar kaydedilmiştir (132).

Kim ve ark. 2000 yılında yaptıkları elektronik apeks bulucu çalışmasında, yapılan ölçümlerin H₂O₂ gibi elektrik iletkenliği düşük bir solüsyon varlığında kısa, NaOCl gibi elektrik iletkenliği yüksek bir solüsyon varlığında ise uzun olma eğiliminde olduğunu ve bu durumun voltaj farkından kaynaklandığını ileri sürmüşlerdir (133).

Khursheed ve ark. 2014 yılında yaptıkları in vivo/ex vivo karşılaştırmalı çalışmanın amacı, üç farklı irrigasyon çözeltilisinin varlığında Direct Digital Radiographic Method (Radiovisiography veya RVG) ve ProPex elektronik apeks bulucu kullanılarak kök kanalının çalışma uzunluğunun ölçülmesindeki doğruluğun belirlenmesidir. Bu çalışmada kullanılan irrigasyon çözeltileri; salin, %2 klorheksidin ve %3 NaOCI dir. Elektronik apeks bulucu ProPex klorheksidin varlığında en iyi sonucu verirken, en kötü sonuç NaOCI varlığında ortaya çıkmıştır. Bu sonuçlar, yüksek elektro-iletken çözeltilerin çoklu frekanslı elektronik apeks bulucuların hassasiyetini etkilediğini göstermektedir (134).

Tınaz ve ark. tarafından yapılan bir diğer çalışmada değişik konsantrasyonlarda kullanılan (%5.25, %2.65, %1.00 ve %0.50) NaOCI'nin 'Root ZX ölçüm hassasiyetini etkilemediği bildirilmiştir (14).

2.9.2. Pulpa Vitalitesi

Devital dişlerin kök apekslerindeki patolojik ve yapısal değişikliklerin, periodontal ligament yıkımının, dentin duvarlarının değişken elektriksel iletkenliğinin (135) ve nekrotik pulpa ile vital pulpa arasındaki farklı empedans değerlerinin (105, 136) EAB'ler kullanılarak yapılan ölçümlerde hatalara sebep olabileceği bildirilmiştir. EAB'lerin doğruluklarını vitalite üzerinden değerlendiren çok az çalışma mevcuttur (105, 137). Bazı çalışmalar vital ve devital olgularda apikal daralım (AD) ve apikal foramenlerin (AF) yerini saptamak için EAB'nin doğruluğu açısından istatistiksel olarak fark bulmamıştır (105, 138, 137). Bazı çalışmalarda ise istatistiksel olarak anlamlı fark bulunduğu belirtilmiştir (136).

Renner ve ark. 2012 yılında in vivo olarak yaptıkları çalışmada, vital ve nekrotik posterior dişlerde çalışma uzunluğunun belirlenmesi için NovApex elektronik apeks bulucu kullanmışlar ve doğruluğunu değerlendirmişlerdir. NovApex, vital pulpalı 35 diş-68 kanal ve nekrotik pulpalı 42 diş-76 kanal olmak üzere toplamda 144 kanalda kullanılmıştır. Çalışma uzunluğu NovApex elektronik apeks bulucu ile ölçülmüş ve

radyografik yöntem kullanılarak doğrulanmıştır. 0,0 ve 0,4 mm arasında değişen elektronik ve radyografik ölçümler arasındaki farklar kabul edilebilir, 0.5 mm veya daha büyük farklar kabul edilemez olarak belirlenmiştir. Pulpa durumunun NovApex'in doğruluğu üzerindeki etkisini değerlendirmek için Pearson ki-kare testi kullanılmıştır. Pulpa durumundan bağımsız olarak, kanalların %73.61'inde elektronik ve radyografik çalışma uzunluğu ölçümleri arasında kabul edilebilir farklar gözlenmiştir. Sonuç olarak vital ve nekrotik kanalların karşılaştırılmasında doğrulukta istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir (139).

Akisue ve ark. 2007 yılında yaptıkları çalışmada vital ve nekrotik dişlerde, dördüncü nesil elektronik apeks bulucular kullanılarak kök kanal uzunluğunun belirlenmesini ve vital ve nekrotik dişlerde yapılan ölçümlerin doğruluklarının karşılaştırılmasını amaçlamışlardır. 0.5 mm'lik hata payı kabul edilebilir olarak belirlenmiştir ve vital dişlerde %94.8, nekrotik dişlerde %97 doğruluk oranı bulunmuştur. Bu sonuçlara bakılarak kök kanal uzunluğunun belirlenmesinde nekrotik ve vital dişler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir (137).

Vajrabhaya ve Tepmongkol 1997 de Root ZX ile yaptıkları bir çalışmada yine benzer sonuçlar elde etmişlerdir (140). Dunlap ve ark. da 1998 yılında, vital ve devital dişlerde 'Root ZX' ile yapılan kanal boyu tespitlerini karşılaştırmışlar ve bulgular arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulamamışlardır (105). 'AFA Apex Finder' kullanılarak yapılan bir diğer çalışmada yapılan ölçümlerin dişin vitalitesinden etkilenip etkilenmediği araştırılmış; cihazın vital dişlerde apikal darlığı tespit etme oranı %93,9 devital dişlerde %76.6 olarak bulunmuş ve bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu bildirilmiştir (136).

2.9.3. Süt Dişleri

Güncel olarak yapılan süt dişi kök kanal tedavilerinde sürekli dişlerde kullanılan EAB'lerin kullanımının yaygınlaştığı görülmektedir. Elektronik apeks bulucular (EAB) , süt dişlerine yapılan kök kanal tedavilerinde kökün apikal bölgesindeki fizyolojik rezorpsiyonu tespit edebilme ve çocuklarda tedavi sürelerinin kısa tutulması zorunluluğu gibi süt dişi kök kanal tedavisinin kendine özgü bazı zorluklarının aşılmasında diş hekimlerine yardımcı olabilmektedir (141).

Fizyolojik kök rezorpsiyonu bulunan süt dişlerinin kök uçları sıklıkla mesiodistal düzlemde radyografik ipuçları verebilmektedir. Ancak lingual ve bukkal yüzeyde oluşan rezorpsiyon alanlarının radyografik olarak tespit edilebilmesi mümkün olmamakta, belirsiz bir durum oluşmaktadır (142).

Süt dişlerinde EAB kullanım verimliliğinin gerçek kanal boyutu ve / veya radyografik olarak belirlenmiş kanal boyutları ile karşılaştırıldığı çeşitli çalışmalarda farklı görüşlerin bildirildiği görülmektedir. Kimi çalışmalarda süt dişi kanal boyunun ölçümünde EAB'nin tek başına başarı ile kullanılabilmesi; kimi çalışmalarda ise EAB'lerin radyografik yöntemlerle birlikte kullanılması ve sonuçların radyografik olarak da desteklenmesinin gerekliliği vurgulanmaktadır. Katz ve ark. 1996 yılında kökleri farklı derecelerde rezorbe olmuş çekilmiş süt dişleri kullanarak çalışma uzunluğunu tespit etmeyi amaçlamışlardır. Bu çalışmada Root ZX elektronik apeks bulucu ve radyografik yöntem karşılaştırılarak, iki yöntem arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı belirtilmiştir. Ayrıca, diş ve kanal tipinin, periapexin durumunun ve klinik koşulların, 'Root ZX' ile yapılan ölçümleri etkilemediği sonucuna varmışlardır (143).

Bahrololoomi ve ark. 2015 yılında yaptıkları çalışmada Root ZX EAB kullanılmış ve anterior süt dişlerinde belirlenen çalışma uzunluklarının doğruluğu değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre Root ZX EAB, anterior süt dişlerinde oluşan rezorpsiyonları klinik olarak kabul edilir oranda doğru tespit edebilmiş ve süt dişlerinde kök kanal uzunluğunun elde edilmesi için güvenilir bir araç olarak kullanılabilmesi anlaşılmıştır (144).

Bhat ve ark. 2017 yılında yaptıkları çalışmada, kök rezorpsiyonu olan ve olmayan süt dişleri kullanarak çalışma uzunluğunu belirlemek için yeni nesil elektronik apeks buluculardan olan iPex'i kullanmışlardır ve doğruluğunu değerlendirmişlerdir. Toplamda 65 kanalda ölçüm yapılmıştır ve veriler istatistiksel analiz sistemi kullanılarak analiz edilmiş, t testleri yapılmıştır. Konvansiyonel radyografik yöntemle karşılaştırıldığında, çalışma uzunluğu tayini için iPex apeks bulucu kullanıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. IPex apeks bulucu tarafından belirlenen çalışma uzunluğu, konvansiyonel radyografik yönteminkiyle benzer olduğundan dolayı süt dişlerinin çalışma uzunluğunun belirlenmesinde EAB'lerin radyografik yöntemine bir alternatif olarak kullanılabilmesi bildirilmiştir (145).

Kumar ve ark. 2016 yılında yaptıkları çalışmada konvansiyonel radyografi (KR), radyovisiyografi (RVG) ve Root ZX mini elektronik apeks bulucu kullanılarak süt dişlerindeki çalışma uzunluğu belirleme doğrulukları değerlendirilmiştir. Aynı zamanda EAB'nin kuru ve ıslak koşullarda ölçüm yapma yeterliliği değerlendirilmiştir. Elda edilen bulgulara göre ± 0.5 mm kabul edilebilir hata aralığında en doğru çalışma uzunluğu ölçümlerinin %95.1 ile EAB tarafından yapıldığı, bunu RVG ve KR'nin %75.6 izlediği bildirilmiştir. Üç teknik arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. EAB ile yapılan ölçümler ise kök rezorpsiyonlarından ve kanalın ıslak veya kuru olmasından etkilenmemiştir (146).

2.9.4. Kök Rezorpsiyonu

Apikal kök rezorpsiyonlarından olan enflamatuar kök rezorpsiyonu olgularında, kökü çevreleyen periodontal dokuların ve apikal daralımın yıkıma uğraması sebebi ile elektronik apeks bulucuların kullanımı tartışmalı bir konudur. Elektronik apeks bulucuların apikal rezorpsiyon vakalarında kullanımı, apikal daralımın olası yıkımı ve çevre periodontal dokunun kaybı yüzünden şüphe içermektedir (127).

Goldberg ve ark. (113), 50 adet apikal kök rezorpsiyonu bulunan dişte çalışma boyunun tespit edilmesi için Root ZX'in güvenilirliğini değerlendirme amaçlı in vitro bir araştırma yapmışlardır. İlk olarak dişlerin apeksinde apikal kök rezorpsiyonunu taklit eden düzensiz bir kavite açılmış, sonra Root ZX ile ölçümler yapılarak direkt görüş ölçümleri ile karşılaştırılmıştır. Ölçümlerde Root ZX'in, direkt görüş ölçümlerine göre sırasıyla 0.5 mm, 1 mm ve 1.5 mm içinde %62.7, %94, %100 oranlarında doğruluk gösterdiği bulunmuştur. Araştırmacılar, apikal rezorpsiyonda elektronik apeks bulucuların güvenilirliğinin kullanıcının deneyimine daha çok bağlı olabileceğini öne sürmüşlerdir (127).

Kim ve Chandler 2013 yılında yaptıkları çalışmanın sonuçlarına göre özellikle apikal genişliği fazla olan dişlerde kök kanal boy ölçümü yapılırken EAB'ler ile birlikte radyograflar kullanılmalıdır (147).

Oznurhan ve ark. 2014 yılında yapmış oldukları çalışmada üç ayrı elektronik apeks bulucu (EndoMaster, Raypex, DentaPort ZX) kullanarak süt molar dişlerin kök kanallarında ölçüm yapmışlardır. In vitro olarak yapılan görsel değerlendirmeye elektronik apeks bulucuların yaptığı ölçümler karşılaştırılmış ve görsel olarak belirlenen

uzunluğa en yakın ölçümler EndoMaster ile elde edilmiştir. Görsel ölçümler ile elektronik apeks bulucu ile yapılan ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (148).

2.9.5. Foramen Apikale'nin Çapı

Aydin ve ark. 2015 yılında yapmış oldukları çalışmada Root ZX ve Raypex 6'nın farklı apikal çaplardaki dişlerdeki doğruluğunu değerlendirmişlerdir. Araştırmada 80 tek köklü dişin gerçek çalışma uzunluğu, apikal foramenden 0.5 mm kısa olarak belirlenmiştir. İlk grup (G 0), olgun apeksli dişleri içerirken diğer grupların (G 32, G 57 ve G 72) kök kanalları, 0.32, 0.57 ve 0.72 mm'lik apikal boyutlar elde edilene kadar büyütülmüştür. Dişler aljinat içine gömülmüş ve elektronik ölçümler yapılmıştır. Her iki cihazın G 0 ve G 32'de yüksek bir başarı oranını ortaya çıkardığı vurgulanmıştır. G 57 ve G 72 gruplarında doğruluk oranı anlamlı olarak azalmıştır. Root ZX ve Raypex 6'nın grup içi sonuçları benzer çıkmıştır. Root ZX ve Raypex 6, olgun apeksli dişlerde güvenilirdir. 0,57 mm'yi aşan foramen çaplarında ise güvenilirliği ve başarı oranı düşmektedir (149).

Akisue ve ark. 2014 yılında yapmış oldukları çalışmada (1) apikal foramen genişliğinin 5 farklı elektronik apeks bulucunun doğruluğu üzerindeki etkisini değerlendirerek, (2) farklı foramen boyutlarındaki elektronik apeks bulucunun doğruluğunu değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada aşağıdaki EAB'ler kullanılmıştır: (MiniApex, Root ZX II, iPex, Propex II ve Element Apex Locator). Her bir EAB, çekilmiş dişlerde toplamda 3 grupta (n = 20), 0.27 mm (G27), 0.47 mm (G47) ve 0.72 mm (G72) foramen çapları ile kullanılmıştır. Çalışma uzunluğu, üreticinin talimatlarına göre ölçülmüş ve görsel ölçümlerle karşılaştırılmıştır (kontrol yöntemi). Sonuçlar doğru ($\leq 0,05$ mm) veya yanlış (farklılıklar > 0.5 mm) olarak sınıflandırılmıştır. G27'de, tüm EAB'ler doğru sonuçlara ulaşırken G47 ve G72'de sadece MiniApex, Root ZX II ve Elements Apex Locator elektronik apeks bulucular doğru bulgular (grup içi güvenilirlik; Fisher exact testi) vermiştir. MiniApex, Root ZX II ve Element Apex Locator, foramen büyüklüğüne bakılmaksızın benzer şekilde doğru sonuçlar vermiştir. iPex ve Propex II, test edilen cihazlar arasında en az doğru olan elektronik apeks bulucu cihazlar olarak belirlenmiş ve foramen çapı bu cihazların doğruluklarını etkilemiştir. Foramen çapı, MiniApex, Root ZX II ve Elements Apex Locator'ın doğruluğunu etkilememiştir. iPex ve Propex II cihazlarının ise apikal foramen büyüklüğü arttıkça doğrulukları azalmıştır (6).

Kim ve Lee, 2002 yılında yaptıkları çalışmada farklı diş gruplarının kök kanallarında 25 no'lu kanal aletinden daha büyük ve daha küçük kanal aletleri kullanarak ve elektronik apeks bulucu ile ölçüm yaparak yapılan ölçümlerin doğruluklarını karşılaştırmışlardır. Çalışmanın sonuçlarına göre, kanal boyu tespitinde 25 no'lu kanal aletinden daha küçük veya büyük çaplarda kanal aleti kullanımı arasında, ölçüm sonuçlarının doğruluğu açısından herhangi bir farklılık bulunmadığı ifade edilmiştir (127).

Herrera ve ark. 2007 yılında yaptıkları çalışmada ise kullanılan kanal aleti çapının başka bir deyişle apikalde sıkışan kanal aleti kullanımının 'Root ZX' in ölçüm doğruluğunu etkilediği ve kök kanalının çapıyla kullanılan aletin çapının uyumlu olması gerektiği bildirilmiştir (150).

2.9.6. Perforasyonlar ve Kök Kırıkları

Kök perforasyonları endodontik prosedürler sırasında zaman zaman meydana gelmektedir. İyatrojenik olarak, resorbtif süreçle veya çürüklerle uyarılabilirler. Kök perforasyonunun tanımlanması; kanamanın doğrudan gözlemlenmesi, bir kağıt kon ile kanamanın tespiti, radyografi ve bir apeks bulucu kullanılarak dolaylı kanama değerlendirmesi ile mümkündür. Kök perforasyonlu bir dişin prognozu, perforasyonun lokalizasyonu ve büyüklüğünden önce perforasyon gerçekleştikten sonra geçen süreye ve tamir materyalinin sızdırmazlığına bağlıdır. Perforasyonlar cerrahi olmayan veya cerrahi tekniklerle tamir edilebilir. Kök perforasyonlarının nedenleri, teşhisi, prognozu ve yönetimi ile ilgili ayrıntılı bir inceleme; perforasyonların önlenmesi, tespit edilmesi ve tedavisi için gereklidir (151).

D'Assunção ve ark. 2014 yılında yapmış oldukları çalışmada 35 adet çekilmiş insan dişi kullanılmıştır. Kullanılan dişlerin kök uçlarından 5 mm koronalde yapay olarak oluşturulan perforasyonların tespiti için 3 farklı elektronik apeks bulucu dan yararlanılmıştır. Çalışmada amaç elektronik apeks bulucuların doğruluğunu tespit etmek ve tekrarlanabilirliğini değerlendirmektir. Ölçümler için 15 numaralı K tipi el eğesi kanallara yerleştirilerek eğe bir mikrometreye bağlanmıştır. Elektronik apeks bulucuların yaptıkları ölçümleri değerlendirmek için dişlerin röntgenleri çekilmiş ve elde edilen sonuçlar, karşılık gelen kontrol uzunlukları ile karşılaştırılmıştır. 3 araştırmacı bu ölçümlerle ilgili fikir birliğine varmıştır. Sonuçların istatistiksel analizi, kök perforasyonlarının tam olarak saptanmasında EAB güvenilirliklerinin Mini Apex

Locator için %97.1, Root SW için %100 ve Root ZX II için %91.4 olduğunu ortaya koymuştur. Varyans analizi, 3 cihazın doğrulukları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını ortaya koymuştur. Sonuçlar aynı zamanda 3 EAB'nin de yüksek seviyelerde tekrarlanabilirlik gösterdiğini bildirmiştir (116).

Li ve ark. 2011 yılında yaptıkları çalışmada 3 farklı elektronik apeks bulucunun, kök kanal tedavisinde kullanılan farklı irrigasyon solüsyonları kullanılarak kök perforasyonlarını tespit etmedeki doğruluklarını değerlendirmeyi amaçlamıştır. Bu çalışmada Propex, Raypex 5 ve Root ZX olmak üzere 3 elektronik apeks bulucu kullanılmıştır. Farklı irrigasyon solüsyonları ve farklı elektronik apeks bulucular kullanarak yapılan perforasyon uzunluk ölçümleri ile görsel olarak yapılan ölçümlerin arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Bu çalışmanın sonucuna göre Propex, Raypex 5 ve Root ZX elektronik apeks bulucular kök perforasyonlarını doğru bir şekilde algılayabilmektedir (152).

Kök kırıkları her zaman teşhis edilemeyebilir ve bu nedenle gözden kaçan kırıkların tedavi edilme şansı da olmamaktadır. Elektronik apeks bulucuların, kök kanallarının çalışma uzunluklarını ölçme dışında kök kırıklarının pozisyonunu belirlemek için de kullanılacakları kabul edilmiştir. Klinik olarak, kök kırıkları için tedavi seçenekleri, kırığın lokasyonuna bağlı olarak değişir. Bu nedenle EAB'ler sadece bir kök kırığının varlığının belirlenmesinde değil, aynı zamanda lokasyonunun da belirlenerek en uygun tedavi seçeneğine karar verilmesinde yardımcı olmaktadır (153).

Al Kadi ve ark. 2006 yılında yaptıkları çalışmada kırıkların pozisyonunu belirlemek için kullanılan iki farklı EAB'nin doğruluğu değerlendirilmiştir. 100 adet tek köklü diş kullanılan bu çalışmada horizontal ve vertikal kök kırıklarının ölçümleri yapılmıştır. Propex (üçüncü nesil) ve Raypex-4 (dördüncü nesil) elektronik apeks bulucu kullanarak yapılan bu ölçümlerde kırıkların gerçek uzunlukları 2.5 kat büyütme altında ölçülmüş ve sonuçlar istatistiksel analize tabi tutulmuştur. Her iki EAB de benzer sonuçlar vermiş ve gerçek uzunluklarla yakın ilişkili ölçümler görülmüştür (153).

Zhang, 2010 yılında yaptıkları çalışmada Root ZX elektronik apeks bulucu kullanarak yatay kök kırıklarını tespit etmeye çalışmışlar ve sonuçların doğruluğunu değerlendirmişlerdir. Horizontal kök kırıklarında kırık parçalar arasında ayrılma ve kırık hattına yumuşak doku büyümesi olmadığı durumlarda, Root ZX elektronik apeks

bulucusunun kök kırıklarını tespit edemediği ifade edilmiştir. Kırık parçalar arasında ayrılma ve kırık hattına yumuşak doku büyümesi olduğu durumlarda ise Root ZX elektronik apeks bulucusunun, +/- 0,5 mm'lik hata payı ile birlikte horizontal kök kırıklarını saptayabildiği vurgulanmıştır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre Root ZX elektronik apeks bulucu cihaz kırık hattına yumuşak doku büyümesi olmayan horizontal kök kırıkları için tanısal değere sahip değildir, fakat yumuşak doku büyümesiyle birlikte yatay kök kırıkları için tanısal değere sahiptir (154).

Zhang tarafından 2009 yılında yapılan çalışmada Root ZX ve Raypex5 elektronik apeks bulucu cihazlar kullanılmış ve vertikal kök kırıkları tespit edilmeye çalışılmıştır. Root ZX ve Raypex5 elektronik apeks bulucular parçaların ayrılmadığı vertikal kök kırıklarını tespit etmede başarısız bulunmuştur. Parçaların ayrıldığı vertikal kök kırıklarını tespit etme oranları ise hata payı +/- 1.0 mm olacak şekilde sırasıyla, Root ZX için %97.5 ve Raypex5 için %100 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre tamamlanmamış yani parçaları ayrılmamış vertikal kök kırıklarını tespit etmede elektronik apeks bulucular tanısal yeterliliğe sahip değildir (155).

Goldberg ve ark. 2008 yılında yaptıkları araştırmada yapay oblik kök kırıkları oluşturup 4 ayrı EAB ile bu kırıkları tespit etmeye çalışmışlardır. Toplamda 6 adet yeni çekilmiş diş kullanılan bu çalışmada 20 adet yapay oblik kök kırığı oluşturulmuştur. Kök kırıkları kökün vestibül yüzeyinde oluşturulmuştur. Kullanılan EAB'ler ProPex (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre), NovApex (Forum Teknolojileri, Rishon Le-Zion, İsrail), Root ZX (J. Morita Corp, Kyoto, Japonya) ve Elements Apex Locator (SybronEndo) cihazları kullanmıştır. İncelenen EAB'lerin yaptıkları elektronik ölçümler ile gerçek çalışma uzunlukları karşılaştırılmış. Elde edilen doğruluk oranları karşılaştırıldığında EAB'ler arasında herhangi bir tolerans düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık ortaya çıkmamıştır (119).

2. 10. Apeks Locator Cihazlar

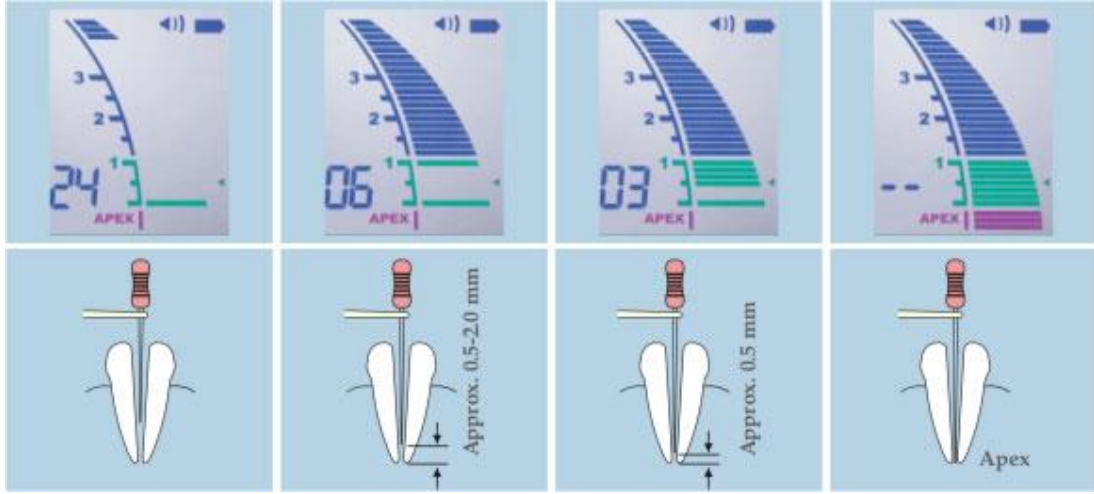
2. 10. 1. Root ZX mini



Resim 2.9. Root ZX mini

Standart Root ZX teknolojisine dayanarak geliştirilen Root ZX mini, kuru ve nemli kanal koşullarında yüksek doğrulukla ilk modern EAB olan Root ZX'i (J. Morita, Tokyo, Japonya) tanıtılmıştır (102). Root ZX, kanalın sonlanma noktasını tespit etmek için, aynı anda 0,4 ve 8 kHz'lik frekanslarda empedans değerlerini ölçerek birbirlerine oranlamaktadır. Aynı zamanda kuvvetli mikroşlemcilerle sahip olduğu, matematiksel oranlama ve algoritma hesabı yapabildiği için daha doğru sonuçlar verdiği rapor edilmiştir (156).

Doğruluğunun elektro iletken irrigantlardan etkilenmediği iddia edilen Root ZX (J Morita, Tokyo, Japonya) cihazı üçüncü kuşak EAB cihazların arasında bulunmaktadır (113). Yapılan çalışmalarda tespit edilen yüksek doğruluk oranları Root ZX'in bir dönem yapılan çalışmalarda referans olarak kabul edilmesine neden olmuştur.



Resim 2. 10. A Kök kanal eğesi kök kanalına yerleştirildiğinde cihazın ölçümü aktifleşir. Apex çizgisine kalan çizgi sayısı sol alt köşede numaralandırılır. **B.** Eğe ucu apeks yakınında bir konuma ulaştığında çubuk rengi, kritik bir alana ulaştığımızı belirtmek için yeşile döner. **C.** Ölçüm aletinin sağ tarafındaki küçük üçgen referans için ayarlanan noktayı gösterir. **D.** Apex'in konumu "APEX" kelimesi ile temsil edilir. Bu bölgedeki sayaç çubukları pembedir.

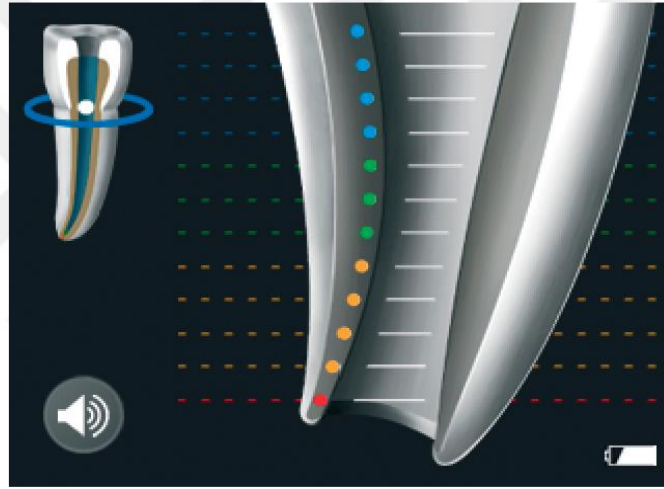
2. 10. 2. Raypex 6



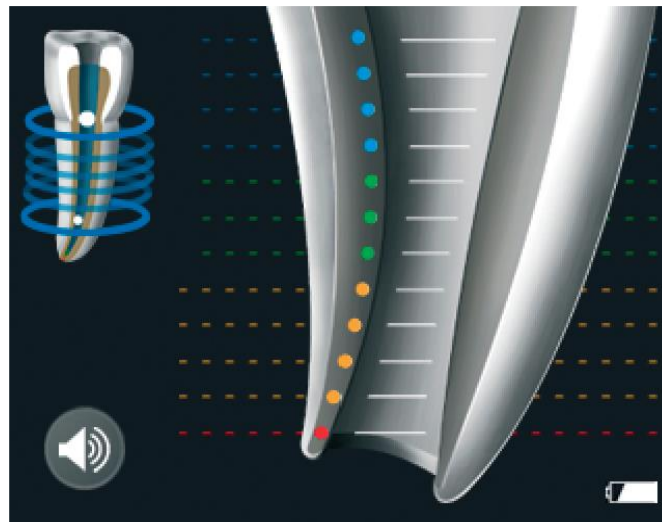
Resim 2.11. Raypex 6

Raypex yaygın olarak kullanılan bir EAB'dir. Stober ve ark. Raypex 5'in klinik performansını değerlendirmişler; $\pm 0,5$ mm'de %75, ± 1 mm'de ise %100 doğruluk oranı bulmuşlardır (157). Ayrıca, Somma ve ark.'nın çalışmasında, Raypex 5'in doğruluk oranı yüksek çıkmıştır (158). Bu cihazın önceki modeli Raypex-4 ElAyouti ve ark.

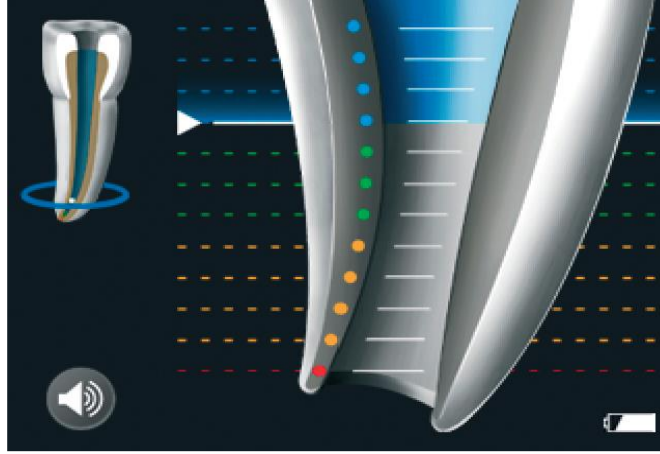
tarafından kök rezeksiyonlu dişlerde değerlendirilmiştir. Root ZX'in %90'lık bir oranla doğruluğunun, ± 1 mm'de %74'lük bir doğruluk oranı gösteren Raypex 4'ten daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca, Raypex 4'ün başarısının, apikal çapın artmasıyla azaldığını da ortaya koymuşlardır (159). Raypex 6 (VDW, Münih, Almanya), Raypex 4 ve 5'in değerlendirilmesi ile klinik performansının daha başarılı olduğu Raypex serisinin son üyesidir (157, 158). Raypex 6 cihazında multi-frekans apeks bulucu teknolojisi kullanılmıştır ve yine Root ZX gibi otomatik kalibrasyon yapabilmektedir. Bildiğimiz kadarıyla, bu yeni cihazın performansını değerlendiren çok fazla çalışma bulunmamaktadır. Moscoso ve ark. tarafından yapılan çalışmada Raypex 6'nın $\pm 0,5$ mm'de %88,22 ve ± 1 mm'de %100 doğruluk oranı gösterdiği bildirilmiştir (160). ElAyouti ve ark. çalışmasında Root ZX'e benzer şekilde, apikal çap 0,57 mm'nin üzerinde olduğunda Raypex 6'nın başarısı azalmıştır (159).



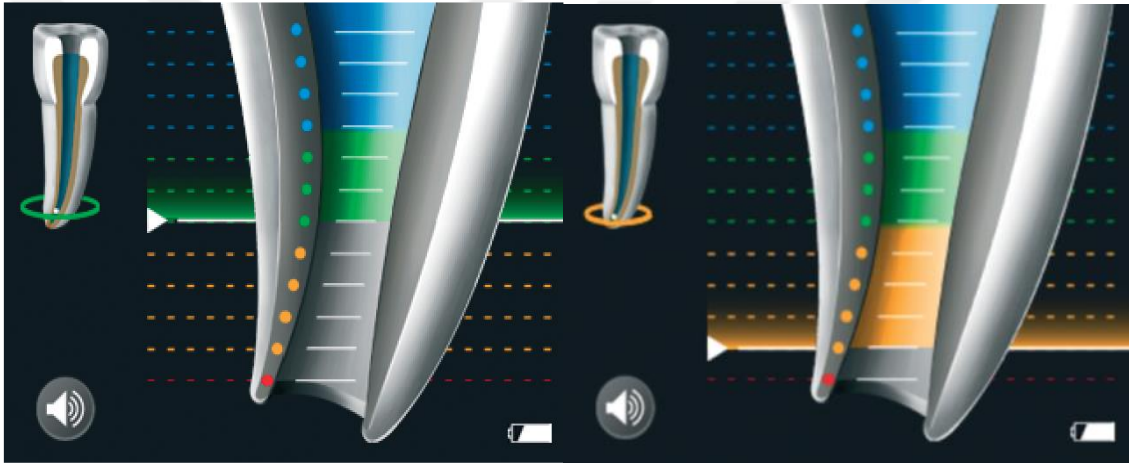
Resim 2.12. Kök kanal uzunluğu belirleme başlangıcı



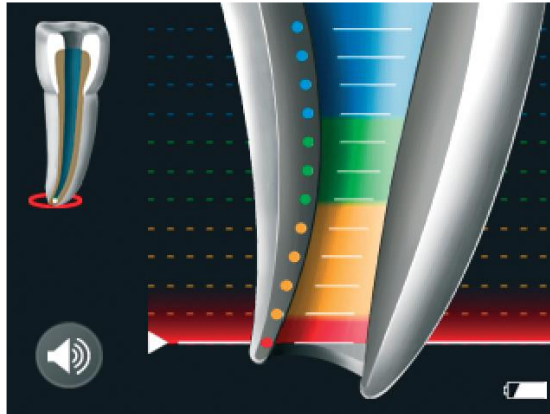
Resim 2.13. Kanal eğesi kök kanalının koronal ve medial bölümleri boyunca apikale doğru ilerletildikçe tam kanal görüntüsünde elips sürekli aşağıya doğru hareket eder.



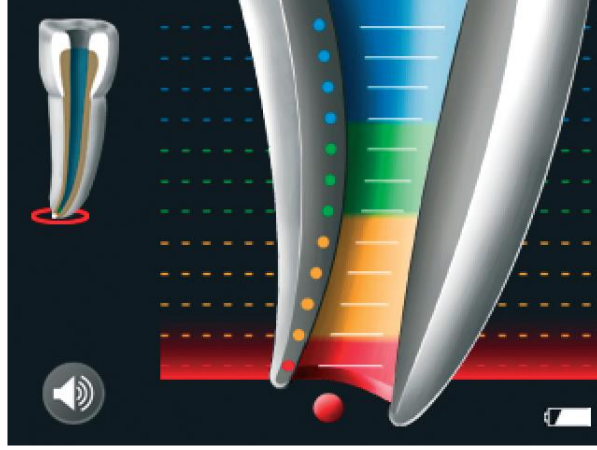
Resim 2.14. Kanal eğesinin ilerlemesinin büyütülmüş görüntüsü, kanalın apikal bölümünün büyütülmüş görüntüsünde gösterilir



Resim 2.15. Apikal bölümde gösterge çizgisi tam konumu gösterir ve sırasıyla mavi, yeşil, sarı renkleri gösterir



Resim 2.16. Kanal eğesi apikal foramene ulaştığında, gösterge çizgisi kırmızı olarak işaretlenir ve sabit bir ses çıkar



Resim 2.17. Kanal eğesinin ucu apikal forameni geçtikten sonra, apikal zoom görüntüsünün altında kırmızı uyarı noktası belirir ve kısa uyarı sesi duyulur

2. 10. 3. Apex ID

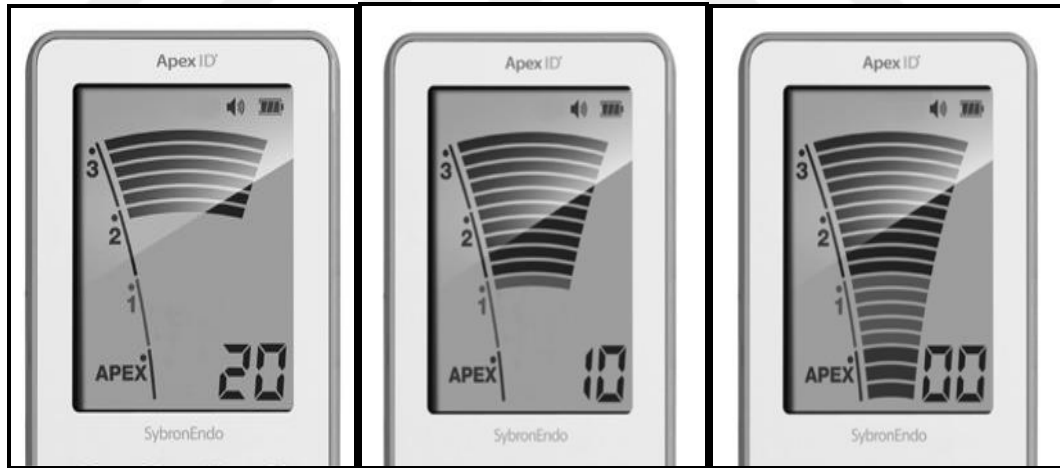
Apex ID güncel olarak kullanılabilen modern EAB'lerden bir tanesidir. bu cihazın işletim mekanizmasının Root ZX II'ye benzer olduğu, ancak Apex ID'nin 0.5 ve 5.0 kHz frekanslarında çalıştığı bilinmektedir. Ancak, üretici firmaya göre donanım yazılımı mevcut EAB'lerden daha gelişmiştir (161). Kullanım şekli diğer EAB'lere benzemektedir. Önce kök kanal eğesinin kanala yerleştirilmesi ardından eğenin tutucuya bağlanması önerilmiştir. Cihaz çalıştırıldıktan sonra, eğe tutucusu dudak klipsine değiştirilerek devrenin kapalı devre olarak çalıştığından emin olunmalıdır. Devre kapalı devre olarak çalışıyorsa ekranda tüm çubuklar ve ekranın alt kenarında kesikli bir çizgi görünecektir ve cihazdan sabit tonda bir ses çıkacaktır.



Resim 2.18. Kapalı devre olarak çalışan Apex ID cihazı

Üretici talimatlarına göre ölçümler sırasında kök kanal eğesinin metal restorasyonlarla teması hatalı ölçümler yapılmasına sebep olabilmektedir. Aynı zamanda ölçümden önce kan veya eksüdanın kök kanalından temizlenmesi gerektiği bildirilmiştir. Nekrotik doku veya kök kanalındaki diğer maddeler de cihazın doğruluğunu etkileyebilmektedir. Cihazın doğruluğunu etkileyebilen bir diğer faktör kök kanallarında gözlenen anastamozlardır. Apikal foramenin tamamen oluşmadığı veya foramenin aşırı genişlediği durumlarda, çalışma uzunluğunun ölçüm değeri gerçek ölçüm değerinden daha kısa olabilmektedir. Yine kök kanal eğesi apekse yaklaştıkça cihazın sinyalleri değişmiyorsa, kök kanalının çok kuru olması ihtimali göz önünde bulundurulmalı ve kanal irrigasyon solüsyonları ile ıslatılmalıdır.

Üretici hatayı en aza indirmek için, çalışma uzunluğunun ikiden fazla ölçülmesini önermiştir. Kanalin genişletilmesi sırasında birkaç ölçüm yapılması ve kanalı genişlettikten sonra çalışma uzunluğunu tekrar onaylanması hatayı en aza indirecektir. Yine ölçüm doğruluğunu arttırmak amaçlı diş anatomisinin radyografik olarak doğrulanıp cihazla röntgenin kombine kullanımı önerilmiştir .



Resim 2.19. Kanal içerisinde kanal eğesi ilerletildikçe çizgiler apekse doğru sayıca artmaktadır. Apex ID cihazında apeks için standart değer fabrikada 00 olarak belirlenmiştir. Bu değer, eğenin anatomik foramenlere ulaştığı anlamına gelir.

2.11. Elektronik Apex Locatorlarla İlgili Çalışmalar

2.11.1. In Vivo Çalışmalar

Paludo ve ark'nın 2012 yılında yaptıkları çalışmada iki farklı elektronik EAB'nin ((Apex (Septodont) ve iPex (NSK)) farklı insan diş gruplarında radyografi kullanarak klinik uygulanabilirliği in vivo olarak değerlendirilmiştir. 100 kök kanalının çalışma uzunlukları elektronik olarak belirlenmiş. İlk olarak kullanılacak olan EAB rastgele seçilerek, EAB ekranı apikal daralmanın (0 mm) yerini gösterene kadar K tipi bir el egesi kök kanalına yerleştirilmiştir. K tipi ege dişe sabitlendikten sonra radyografik film tutucu kullanılarak bir periapikal radyograf alınmıştır. K tipi ege kanaldan çıkarılarak, çalışma uzunluğu ölçülmüştür. Aynı prosedür diğer EAB kullanılarak tekrarlanmış ve radyograflar, iki deneyimli endodontist tarafından $\times 4$ büyütme altında incelenmiştir. Ege ucu ve kök apeksi arasındaki mesafe şu şekilde kaydedilmiştir: (A) +1 ile 0 mm, (B) -0,1 ile -0,5 mm, (C) -0,6 ile -1 mm, (D) -1,1 ile -1,5 mm ve (E) -1.6 mm ve daha büyük ölçümler. İstatistiksel verilere göre elde edilen bu ölçümler kabul edilebilir (B, C ve D) ve kabul edilemez (A ve E) olmak üzere 2 alt gruba ayrılmış. Apex ve iPex sonuçları arasında kabul edilebilir ve kabul edilemez ölçümler arasında ($p > 0.05$) veya ege ucu ile radyografik apeksden kaydedilen mesafe açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır. Apex ve iPex EAB'ler endodontik tedavide çalışma uzunluğu tayini için güvenilir ölçümler sağlamıştır (162).

Somma ve ark'nın çalışmasında in vivo olacak şekilde 3 farklı EAB kullanılmış. Kullanılan EAB'ler Dentaport ZX, Raypex 5 ve ProPex II olarak belirlenmiştir. Çalışmada periodontal hastalık nedeniyle çekimi planlanan otuz tek köklü daimi diş kullanılmıştır. Çekim öncesi, giriş kaviteleri açılarak, tüm ölçümler için kullanılacak stabil bir referans noktası ayarlanmış. Grup 1'deki çalışma uzunlukları Dentaport ZX apex bulucu kullanılarak belirlenmiştir. Ekrandaki son yeşil çubuğa ulaşabilen en büyük çapa sahip K tipi bir ege, dual-cure bir kompozit ile kanalda stabilize edilmiştir. Aynı prosedür Raypex 5 (ege son sarı çubuğa ulaştı) ve Propex II (0.0 çizgisi) apeks bulucular için de kullanılmış. Dişler daha sonra çekilmiş ve temizlenmiştir. Axiovision AC yazılımına (Carl Zeiss) göre dijital fotoğraf kullanılarak her bir diş için ege ucu ile apikal foramen arasındaki mesafe hesaplanmıştır. Ege ucu apikal foramenlerin ötesine geçtiğinde pozitif değerler, uçlar foramenin kısa konumlandığında negatif değerler elde edilmiş ve ege ucu ile foramen çakıştığında sıfır değeri verilmiştir.

Dentaport ZX, Raypex 5 ve PropEx II'in yaptıkları 10 ölçümden sırasıyla 6, 2 ve 4 doğru ölçüm 0, 6 ve 5 uzun ölçüm ve 4, 2 ve 1 kısa ölçüm elde edilmiştir. Üç elektronik apeks bulucu cihaz arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bildirilmiştir (158).

Stöber ve ark'nın 2011 yılında yaptıkları çalışmada 40 insan dişi kullanılarak Raypex 5 ve Mini Apeks Bulucu'nun invivo doğrulukları değerlendirilmiştir. Çalışma uzunluğu, K tipi bir el eğesi yardımıyla elektronik olarak belirlenmiştir. Kullanılan eğe çalışma uzunluğuna geldiğinde bu noktada sabitlenmiş ve dişer çekilmiştir. Her bir kanalın apikal 4 mm'si, eğe ucunu ortaya çıkarmak için törpülenmiştir. Numuneler bir taramalı elektron mikroskobu altında gözlemlenmiş ve eğe ucundan apikal foramenin 0.5 mm koronal noktasına kadar olan mesafe ölçülmüştür. Veriler Student t testi kullanılarak analiz edilmiş ve anlamlılık $P < .05$ olarak belirlenmiştir. Çalışma uzunluğundan eğe ucuna olan ortalama mesafe, Mini Apex Locator için 0.286 ± 0.30 mm, Raypex 5 için 0.174 ± 0.38 mm olarak belirlenmiştir ve bu ölçümlere göre Raypex 5 ve Mini Apex Locator cihazlarının ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır (157).

Miletic ve ark. çalışmalarında; Dentaport ZX, RomiApex A-15 ve Raypex 5'in tekrarlanabilirliğini karşılaştırmışlardır. Bu çalışmada 42 hastadaki kesici, kanin ve premolar dişleri kullanılmıştır. Her üç EAB, sıfır okuma olarak tanımlanan ve EAB ekranında 'Apex', '0.0' veya 'red square' işaretleriyle gösterilen çalışma uzunluğunu belirlemek için kullanılmıştır. Her ölçüm için aynı boyutta yeni bir K tipi eğe kullanılmıştır. Eğelerin uzunlukları bir lastik stoper ile sabitlenerek, 0.01 mm'lik bir hassasiyetle ölçülmüştür. Sonuçlar Dentaport ZX, RomiApex A-15 ve Raypex 5'in klinik olarak tekrarlanabilirliği, ± 1.0 mm aralığındaki okumaların çoğunluğu ile doğrulanmıştır. Bununla birlikte, az sayıdaki aynı sıfır okuma, EAB'lerin klinik şartlar altında çalışma uzunluğu tespiti için tek aracı olarak güvenilir olmadığını göstermektedir (163).

İn vivo olarak yapılan bir çalışmada, 2 farklı EAB (Root ZX ve Novapex) kullanılarak apikal daralmanın pozisyonunu belirlemek ve doğruluklarını analiz etmek amaçlanmıştır. Çalışmada periodontal nedenlerle çekimi planlanan yirmi üç tek köklü insan dişi kullanılmıştır. Giriş kavitesinin ardından, apikal daralma apeks bulucular tarafından elektronik olarak belirlenmiştir. Elektronik işaret eğenin ucunun apikal

daralma olduğunu gösterdiğinde, kullanılan eğe kompozit ile kök kanalına sabitlenmiş ve daha sonra dişler cerrahi olarak çıkarılmıştır. Apikal daralmadaki eğenin ucu stereomikroskopik olarak incelenerek (30 ×), teyit eden radyografiler çekilmiştir. Root ZX ve Novapex'in doğruluğu sırasıyla %91.7 ve %81.8 olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada kullanılan EAB'lerin apikal daralmayı belirleme açısından benzer klinik performansı gösterdikleri vurgulanmıştır (164).

Pascon ve ark.'nın 2009 yılında yaptıkları çalışmada iki ayrı EAB ile dijital radyografik görüntüleme sistemi *in vivo* olarak karşılaştırılmıştır. 831 kanalın çalışma uzunlukları DentaPort ZX ve Raypex 5 elektronik apeks bulucular ile belirlenmiş ve radyografik olarak doğrulanmıştır. Bir dijital radyografik görüntüleme sistemi (VisualiX eHD; Gendex Dental Systems, Des Plaines, IL, ABD) yardımıyla elde edilen radyografik görüntüler, iki bağımsız değerlendirici tarafından analiz edilmiştir. Eğe ucu ile radyografik apeks arasındaki mesafe, özel yazılım (VixWin Pro, Gendex Dental Systems, Des Plaines, IL, ABD) kullanılarak ölçülmüş ve farklı diş tipi ve EAB'ler arasında elde edilen ortalama mesafe istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Eğe ucu radyografik apeksin ötesinde saptandığında pozitif, radyografik apeksten kısa saptandığında negatif değerler kaydedilmiştir. Eğe ucu ile radyografik apeks arasındaki ortalama mesafe, DentaPort ZX ve Raypex 5 grupları için sırasıyla -1.08 +/- 0.73 mm ve -1.0 +/- 0.67 mm olarak saptanmış ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (165).

Siu ve ark. 2009 yılında yaptıkları çalışmanın amacı Root ZX II, Apex NRG XFR ve Rotary nikel-titanyum (NiTi) cihazlı Mini Apeks Bulucu cihazları kullanılarak çalışma uzunluğu ölçümlerinin doğruluğunu karşılaştırmaktı. Her bir elektronik apeks bulucu ile çalışma uzunluklarına ulaşılan kadar ilerlenmiş ve 28 dişin çalışma uzunlukları belirlenmiştir. Kök kanallarına yerleştirilen eğeler çalışma uzunluklarında sabitlenmiştir ve dişler çekilmiştir. Her bir kökün 4 mm'lik apikal bölümü apikal daralmaya kadar yani kök kanalındaki eğeyi açığa çıkarana kadar törpülenmiştir. Fotoğraflar x 15 ve x 30 büyütme altında alınmış ve değerlendirme için x360 ve x720 olarak yansıtılmıştır. Sonuçlar Root ZX II, Apex NRG XFR ve Mini Apex Locator cihazlarının apikal daralım noktasını +/- 0,5 mm'de tespit etmedeki doğruluğu sırasıyla % 50, % 46.43 ve % 39.29 şeklinde belirlenmiştir. Apikal daralımın tespit edilmesinde EAB'ler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir (166).

Saddy Moscoso ve ark. 2014 yılında yaptıkları çalışmada Raypex 6, henüz in vivo test edilmemiş bir elektronik apeks bulucu iken iki farklı EAB kullanarak bu EAB'lerin doğruluklarını karşılaştırmayı amaçlamışlardır. Çalışma için 36 adet tek köklü insan dişi seçilmiştir. EAB'ler ile apikal foramen tespit edilene kadar 10 no'lu K tipi bir el eğesi kanal içinde ilerletilmiştir. Kök kanalına yerleştirilen K tipi ele eğesi apikal foramene ulaştığında kompozit ile kök kanalına sabitlenmiştir. Tüm dişlerin köklerinin apikal kısmı, eğelerin ucunu ortaya çıkarmak için törpülenmiş ve eğe uçlarından apikal foramene olan mesafeler ölçülmüştür. Sonuçta in vivo klinik koşullar altında Dentaport ZX ve Raypex 6 EAB'lerin performansı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir (167).

2.11.2. In Vitro Çalışmalar

Prasad ve ark. kök kanal tedavisinde kullanılan irrigasyon solüsyonlarının elektronik apeks bulucuların doğruluklarını etkileyip etkilemediğini belirlemek amacıyla Root ZX ve i-Root elektronik apeks bulucuları kullanılarak doğruluklarını değerlendirmişlerdir. Çalışma için 80 adet çekilmiş tek köklü insan dişi kullanılmıştır. Dişler mine-sement sınırından dekoronize edilmiş ve daha sonra gerçek kök kanal uzunlukları belirlenmiştir. Daha sonra, % 0.9 salin, % 3 sodyum hipoklorit (NaOCl), % 2 klorheksidin diglukonat (CHX) ve % 17 Etilen Diamin Tetra Asetik Asit (EDTA) olmak üzere 4 farklı irrigasyon solüsyonu kök kanallarında ayrı ayrı kullanılmış ve bu solüsyonların varlığında Root ZX ve i-Root elektronik apeks bulucu cihazlar kullanılarak çalışma uzunluğu ölçümleri elde edilmiştir. Root ZX ve i-Root apeks bulucu ile elde edilen ölçümler, gerçek kanal uzunluğu ile karşılaştırılmıştır. Root ZX ve i-Root cihazlarının, çeşitli irrigasyonların varlığında çalışma uzunluğunu belirlemek için güvenle kullanılabileceği ve kök kanalı içeriğinin, elektronik apeks bulucular kullanılarak çalışma uzunluğu ölçülürken, cihazların doğruluklarını etkilemediği vurgulanmıştır (131).

Herrera ve ark. 2011 yılında yaptıkları çalışmada geniş apikal foramenli dişlerde Root ZX apeks bulucusunun (J. Morita Corp, Tokyo, Japonya) doğruluğunu değerlendirmişlerdir. Tek köklü dişler bir aljinat kalıbına gömülmüştür. Apikal foramen 0.6 mm'den 1.0 mm'ye kadar genişletilmiş ve ölçümler 10 no'lu veya daha büyük eğeler ile yapılmıştır. Root ZX'in istatistiksel doğruluğu için farklı apikal foramen çaplarına ve kullanılan eğenin boyutunun etkisine bakılmıştır. Root ZX apex bulucu, kullanılan

eğenin boyutundan bağımsız olarak 0.6 mm'lik bir apikal foramen çapı için doğru sonuçlar vermiş; 0,7 ile 0,8 mm genişlikteki apikal foramenler için ise kullanılan eğelerin apikal foramene göre ayarlanması gerektiği bildirilmiştir. 0,9 mm'nin üzerindeki apikal foramen çapları için ise kullanılan EAB doğru sonuçlar vermemiştir. Sonuçlar, bu elektronik apeks bulucunun doğruluğunun foramen genişledikçe yavaş yavaş kaybolduğunu göstermektedir (5).

Ekici ve ark.'nın 2017 yılında yaptıkları çalışmanın amacı, farklı çaplarda apikal foramenlere sahip dişlerde yeni geliştirilmiş multi-frekans elektronik apeks bulucu iPex II ile üç farklı multi-frekans elektronik apeks bulucusunun doğruluğunun karşılaştırılmasıdır. Çalışmada 26 adet çekilmiş alt çene küçük azı dişi kullanılmıştır. Dişlerin kronlarının uzaklaştırılmasından sonra kök kanalları koronal olarak genişletilmiştir. Gerçek çalışma boyu tespiti, #15 K-tipi eğenin ucu apikal foramende görünür hale gelene kadar ilerletilerek yapılmıştır. Gerçek çalışma boyu, lastik stoper ve eğe arasındaki uzunluktan 0.5 mm kısa olarak kabul edilmiştir. ProTaper F1, F2 ve F3 (Dentsply Maillefer) eğeler ile apikal açıklıktan 1 mm ilerde taşkın preparasyonlar yapılmıştır. Dişler, koronal 5 mm'leri açıkta kalacak şekilde aljimat ile teflon kalıplara gömülmüştür. Raypex 5 (VDW), Raypex 6 (VDW), iPex (NSK Inc.) ve iPex II (NSK Inc.) elektronik apeks bulucular kullanılarak elektronik çalışma boyu ölçümleri yapılmış. Elektronik ve gerçek çalışma boyları arasındaki farklar hesaplanmıştır. Apikal foramenleri genişletilmiş dişlerde, iPex II ve diğer elektronik apeks bulucuların çalışma boyu ölçümleri arasında farklılık olmadığı görülmüştür. Kullanılan tüm elektronik apeks bulucuların çalışma boyu ölçümlerinin klinik olarak kabul edilebilir olduğu gözlenmiştir (168).

Akisue ve ark. 2014 yaptıkları çalışmada farklı apikal foramen çaplarına sahip dişlerde farklı EAB'ler kullanarak doğrulukları değerlendirilmiştir. Çalışmada MiniApex, Root ZXII, iPex, Propex II ve Element Apex Locator cihazları kullanılmıştır. Her bir EAB ile, çekilen ve 3 gruba ayrılan dişlerde (n = 20), 0.27 mm (G27), 0.47 mm (G47) ve 0.72 mm (G72) foramen çaplarında ayrı ayrı ölçüm yapılmıştır. Çalışma uzunluğu, üreticinin talimatlarına göre ölçülmüş ve görsel ölçümlerle karşılaştırılmıştır (kontrol yöntemi). Sonuçlara göre apikal foramen çapı MiniApex, Root ZXII ve Elements Apex Locator EAB'lerin doğruluğunu etkilememiştir. iPex ve Propex II cihazları ise foramen büyüklüğü arttıkça azalmış doğruluk göstermiştir (6).

Bruno Carvalho de Vasconcelos ve ark.'nın çalışmasında Root ZX, RomiApex D-30 ve Ipex olmak üzere 3 farklı EAB kullanılmıştır. Çalışmanın amacı apikal foramenin 1 mm koronali ve apikal foramen noktasını ayrı ayrı ölçüp cihazların hassasiyetlerinin incelenmesidir. Çalışma için 38 adet çekilmiş mandibular premolar diş kullanılmıştır. Elektronik ölçümler 1.0 mm'de ve 0.0 mm'de olacak şekilde üç kez tekrarlanmıştır. Cihazların 1.0 mm ve 0.0 mm hassasiyet değerleri sırasıyla Root ZX için %94,7 ve %97,4 RomiApex D-30 için %78,9 ve %97,4 Ipex için %76,3 ve %97,4 olarak belirlenmiştir. EAB'ler arasında 0.0 mm'de hiçbir istatistiksel farklılık gözlenmemesine rağmen, 1.0 mm'de Root ZX diğerlerinden anlamlı olarak daha iyi performans göstermiştir (169).

Pascon ve ark. 2009 yılında yaptıkları çalışmada yakın zamanda çekilmiş 60 adet diştten 100 adet kanal incelenmiştir. Bu çalışma için 3 farklı Dentaport ZX, Raypex 5 ve Element Diagnostic EAB'leri kullanılmıştır. Bu 3 EAB'nin çalışma uzunluğu ölçümündeki doğruluklarını karşılaştırılmıştır. 60 diş (100 kanal) bir aljinat modeline batırılmıştır ve 3 EAB ile elektronik ölçümler yapılmıştır. Gerçek çalışma uzunluğu, kanalın gerçek uzunluğunun 1.0 mm koronali olacak şekilde hesaplanmıştır. Elektronik ölçümler %1'lik NaOCl ile kanal yıkandıktan sonra gerçekleştirilmiştir. Ölçümler için 15 no'lu K tipi eğe kullanılmış ve +/-0,5 mm ve +/-1,0 mm hata payları belirlenmiştir. Elda edilen verilere göre +/-0,5 mm ve +/-1,0 mm'deki doğruluk oranları sırasıyla %39 ve %90 (Dentaport ZX), %31 ve %82 (Raypex 5), %37 ve %73 (Element Diagnostic Unit) olarak saptanmıştır. Eleman Diagnostic Unit ile diğer EAB'ler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmuştur. EAB'lerin hiçbiri %100'lük bir doğruluk sağlayamamıştır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre Element Diagnostic Unit cihazının gerçek çalışma uzunluğunun belirlenmesinde Dentaport ZX ve Raypex 5'ten daha az güvenilir olduğu kanıtlanmıştır (170).

Paras Mull Gehlot ve ark. çalışma uzunluğu belirlemede kullanılan dört elektronik apeks bulucunun (Root ZX, Elementler Diagnostic Unit, Mini Apex ve Propex pixi) paslanmaz çelik ve NiTi eğeler ile ayrı ayrı kullanılarak yaptıkları ölçümün eğenin alaşımından etkilenip etkilenmediğini araştırmışlardır. Bu çalışma için 60 adet çekilmiş tek köklü insan dişi kullanılmıştır. Gerçek uzunluk görsel olarak değerlendirilmiş ve dişler bir aljinat modeline gömülmüştür. Elektronik uzunluk ölçümleri, ekranda "0,5" değeri okunacak şekilde paslanmaz çelik ve NiTi eğeler kullanılarak dört EAB ile ayrı

ayrı kaydedilmiştir. Gerçek uzunluk ve elektronik ölçümler arasındaki farklar karşılaştırılmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, Root ZX'in istatistiksel olarak daha doğru ölçümler yaptığını göstermektedir. NiTi eğeler ile paslanmaz çelik eğeler karşılaştırıldığında, Mini Apex cihazı paslanmaz çelik eğeler ile istatistiksel olarak NiTi eğelere göre daha doğru sonuçlar vermiştir. Kullanılan diğer 3 EAB'nin ölçümleri ise kök kanal materyalinin yapıldığı alışımdan etkilenmemiştir (171).



3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Gereç

Bu in vitro çalışma, Gaziantep Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 2018/63 karar nolu ve 06.06.2018 tarihli etik kurul raporu ile bilimsel ve etik açıdan uygun bulunmuştur. Çalışma Gaziantep Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalında gerçekleştirilmiştir.

Çalışma için yeni çekilmiş, daha önce kök kanal tedavisi yapılmamış, kök ucu kapalı, çürüksüz, 80 adet düz köke sahip tek kanallı maksiller santral ve lateral diş kullanıldı. Dişler bir saat boyunca %5.25'lik sodyum hipoklorit solüsyonunda bekletildi ve kullanılana kadar %0.9'luk NaCl solüsyonunda saklandı. Kök yüzeyindeki sert ve yumuşak doku artıkları ultrasonik uçlar yardımıyla uzaklaştırıldı. Dişlerin tek, düz ve kalsifiye olmayan kanallara sahip olduğu radyografilerle doğrulandı.

Bütün ölçümler için sabit ve net bir referans yüzeyi oluşturmak amacıyla yüksek hızlı el aleti kullanılarak su soğutması altında elmas bir frezle insizal uçlar düzleştirildi. Yine aynı şekilde yüksek hızlı el aleti kullanılarak su soğutması altında elmas bir frez ile standart giriş kaviteleri açıldı. Kanal ağzları belirlendikten sonra kanalların tıkalı olup olmadığını belirleyebilmek için 8 numaralı K tipi bir eğe ile kanal açıklıkları kontrol edildi. Kronal giriş kavitesi açıldıktan sonra pulpa dokusu artıkları ve debris uzaklaştırıldı ve 5 mL % 5.25 lik sodyum hipoklorit solüsyonu ile kanallar yıkandı.

Giriş kavitesi açıldıktan sonra kanallarda 10 numara bir K tipi eğe ile (Resim 3.1.) eğenin ucu apekte görülene kadar ilerlendi. Bu işlem sırasında x6 büyütme loupe (Resim 3.2.) kullanıldı. Kanal aletinin ucu apikal foramendeyken silikon stoper düzleştirildi ve insizal yüzey rehber alınarak sabitlendi. Daha sonra kanaldan çıkarılan aletin stopere kadar olan uzunluğu dijital kumpas (Resim 3.3.) yardımıyla ölçüldü. Ölçümler 0.01 mm. hassasiyetinde yapıldı ve bu ölçümler kök kanalının toplam uzunluğu olarak kabul edildi. Çalışma boyu toplam uzunluğun 1 mm eksiği olarak hesaplandı ve gerçek uzunluk (GU) olarak kaydedildi. Çalışmada Raypex 6 (VDW, Münih, Almanya) (Resim 3.4.), Root ZX mini (Morita Corp, Tokyo, Japonya) (Resim 3.5.) ve ApexID (SybronEndo, CA, ABD) (Resim 3.6.) kullanıldı.

3.2. Yöntem

Çalışmada kullanılacak olan dişler 4 gruba ayrıldı (n=20). Birinci grup (G 0) olgun apeksli diş grubu olarak belirlendi. Diğer grupların (G 34, G 59 ve G 84) kök kanalları, 0.34, 0.59 ve 0.84 mm'lik apikal boyutlara kadar genişletildi.

Kullanılacak olan bütün dişler aljinat dolgulu kalıplara gömüldü (Resim 3.7.). Bütün ölçümler, aljinatın nemli kalabilmesi ve ölçümlerin doğru yapılabilmesi için modelin hazırlanmasından sonraki 30 dakika içerisinde yapıldı. Elektronik ölçüm öncesi kök kanalları distile su (Resim 3.8.) ile yıkandı ve artık solüsyon pulpa odasına yerleştirilen pamuk pelet yardımıyla uzaklaştırıldı. Ölçümlerde kullanılan 10 numara K tipi eğe, elektronik apeks bulucunun ekranında apex sinyali alınana kadar kanal içine dikkatlice yerleştirildi ve silikon stoper referans yüzeyine sabitlendikten sonra aletin stopera kadar olan uzunluğu ölçüldü.

Ölçümler 3 kere yapıldı ve ortalama değer hesaplandı. Her diş ve her elektronik apeks bulucu için bu ölçümlerin ortalaması kaydedildi ve Raypex 6'nın uzunluğu (R6), ApexID'nin uzunluğu (AID) ve Root ZX'in uzunluğu (RZX) olarak adlandırıldı.

Gerçek uzunluklar, elektronik olarak elde edilen uzunluklar ile (R6, AID, RZX) karşılaştırıldı. Her durumda gerçek uzunluk elektronik olarak saptanan uzunluktan çıkarıldı ve tablo halinde kaydedildi. Pozitif değerler, gerçek uzunluğu aşan ölçümleri (uzun), negatif değerler gerçek uzunluktan kısa ölçümleri belirtmek için kullanıldı. Elektronik olarak saptanan ve gerçek değerler arasındaki farkın ortalaması her cihaz için hesaplandı.

Gerçek uzunluklar ve elektronik ölçümler (Root ZX, ApexID ve Raypex 6) istatistiksel olarak analiz edildi

Çalışmaya dahil edilen gruplar aşağıda belirtilmiştir:

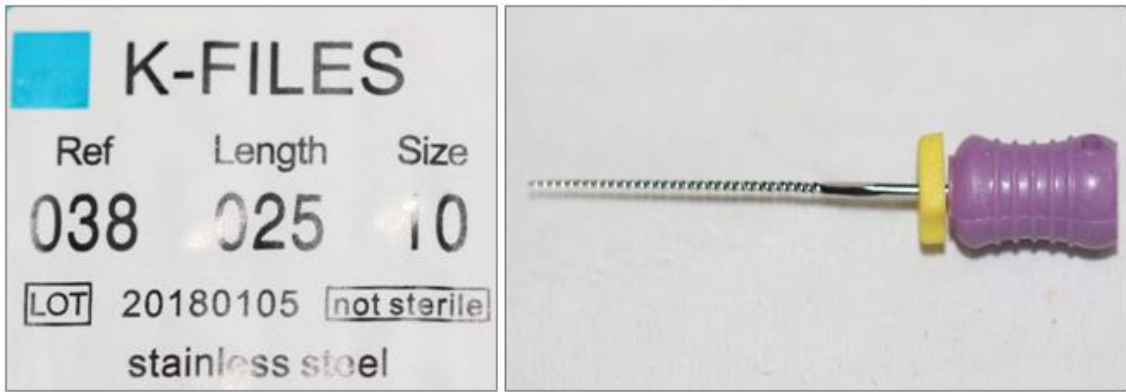
Grup 1: Kapalı apeksli 20 adet santral-lateral kesici dişin gerçek kanal uzunlukları ölçüldükten sonra kanallar distile su ile yıkandı ve Root ZX, ApexID, Raypex-6 elektronik apeks bulucular ile elektronik uzunluk ölçümleri yapıldı.

Grup 2: 30 numaralı eğe ile apikal foramenden (majör foramen) 1 mm çıkılarak apeksi perfore edilen 20 adet santral-lateral kesici dişin gerçek kanal uzunlukları ölçüldükten

sonra kanallar distile su ile yıkandı ve Root ZX, ApexID, Raypex-6 elektronik apeks bulucular ile elektronik uzunluk ölçümleri yapıldı.

Grup 3: 55 numaralı eğe ile apikal foramenden (majör foramen) 1 mm çıkılarak apeksi perfore edilen 20 adet santral-lateral kesici dişin gerçek kanal uzunlukları ölçüldükten sonra kanallar distile su ile yıkandı ve Root ZX, ApexID, Raypex-6 elektronik apeks bulucular ile elektronik uzunluk ölçümleri yapıldı.

Grup 4: 80 numaralı eğe ile apikal foramenden (majör foramen) 1 mm çıkılarak apeksi perfore edilen 20 adet santral-lateral kesici dişin gerçek kanal uzunlukları ölçüldükten sonra kanallar distile su ile yıkandı ve Root ZX, ApexID, Raypex-6 elektronik apeks bulucular ile elektronik uzunluk ölçümleri yapıldı.



Resim 3.1. 10 numara K tip eğe



Resim 3.2. x6 loupe



Resim 3.3. Dijital kumpas



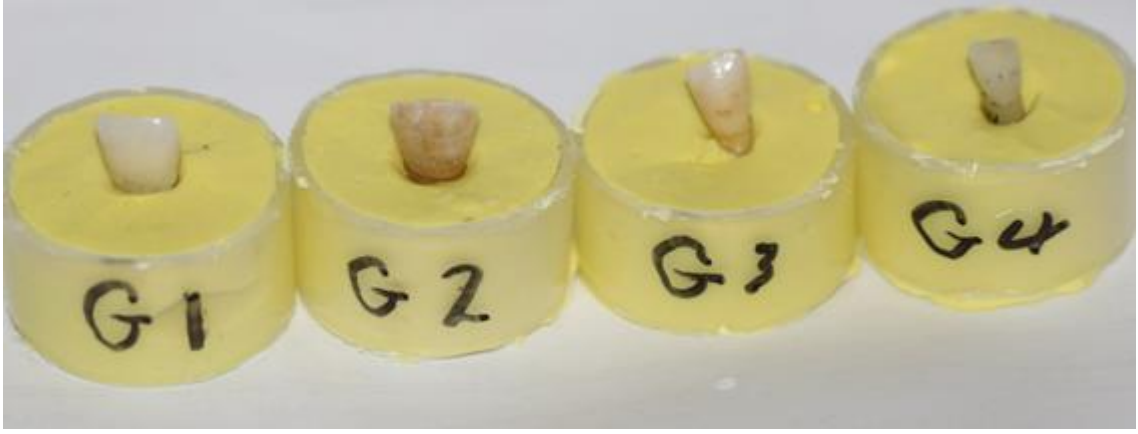
Resim 3.4. Raypex 6 (VDW, Münih, Almanya)



Resim 3.5. Root ZX mini(Morita Corp, Tokyo, Japonya)



Resim 3.6. ApexID (SybronEndo, CA, ABD)



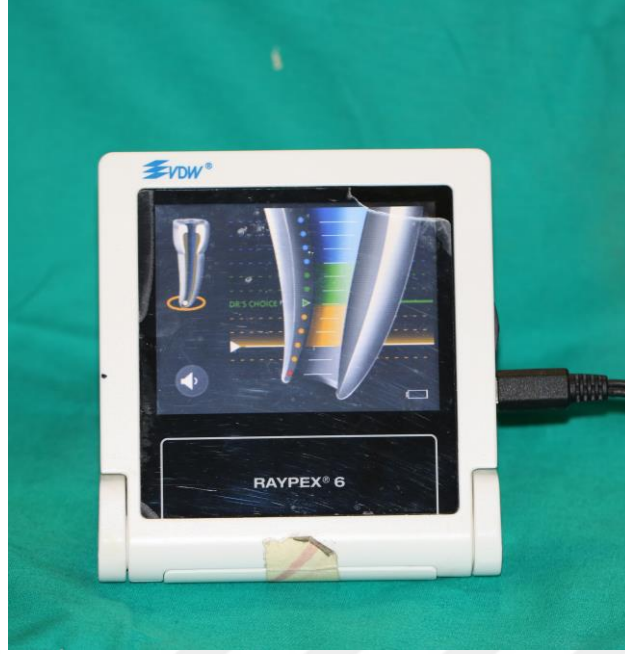
Resim 3.7. Aljinata Gömülmüş Dişler



Resim 3.8. Distile su

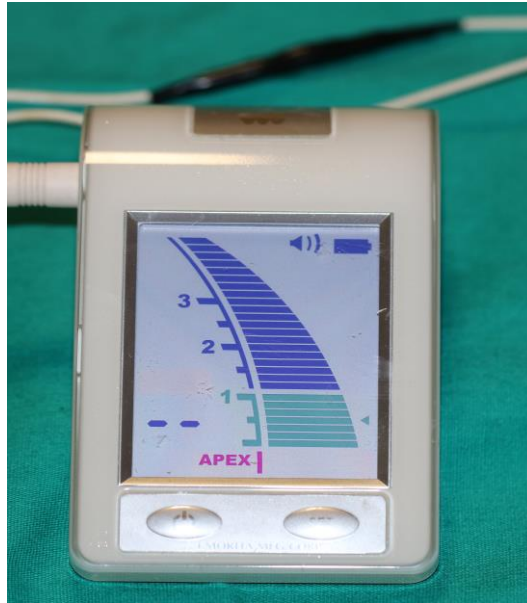
3.3. Apikale Kadar Olan Uzunlukların Her 3 EAB'de Ölçülmesi

1. Raypex 6 cihazı ile ölçüm yapılırken eğe, kırmızı çubuk ekranda gözükeneye kadar ilerletildi ve daha sonra son sarı çubuğa ulaşılanaya kadar geri çekildi. Silikon stoper referans noktasında sabitlendikten sonra eğe ucuyla stoper arasındaki mesafe loupe x6 büyütme altında dijital kumpas kullanılarak ölçüldü. Ölçümler, en az 5 saniyelikine stabil kaldığında apekse kadar olan elektronik uzunluklar (EU) kaydedildi



Resim 3.9. Raypex 6 cihazı ile yapılan ölçüm

2. Root ZX cihazı ile ölçüm yapılırken eĝe, "APEX" okuması elde edilene kadar kanalın içinde ilerletildi ve daha sonra son yeşil çubuĝa ulaşılanaya kadar geri çekildi. Silikon stoper referans noktasında sabitlendikten sonra eĝe ucuyla stoper arasındaki mesafe loupe x6 büyütme altında dijital kumpas kullanılarak ölçüldü. Ölçümler, en az 5 saniyeliliğine stabil kaldığıında apekse kadar olan elektronik uzunluklar (EU) kaydedildi.



Resim 3.10. Root ZX cihazı ile ölçüm yapılması

3. Apex ID cihazı ile ölçüm yapılırken eğe, ekranda 00 rakamı gözükmeye kadar ilerletildi ve silikon stoper referans noktasına bu noktada sabitlendi. Silikon stoper referans noktasında sabitlendikten sonra eğe ucuyla stoper arasındaki mesafe loupe x6 büyütme altında dijital kumpas kullanılarak ölçüldü. Ölçümler, en az 5 saniyelikliğine stabil kaldığında apekse kadar olan elektronik uzunluklar (EU) kaydedildi.



Resim 3.11. Apex ID cihazı ile yapılan ölçüm

3.4. İstatistiksel Analiz

Çalışmadan elde edilen veriler SPSS 22.0 (Statistical Package for Social Sciences, Version 22.0 Chicago, IL, ABD) Paket Programı ile analiz edilmiştir. Verilerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro Wilk testi ile test edildi ve normal dağılan değişkenlerin değerlerinin iki farklı yöntem arasında karşılaştırılmasında eşleştirilmiş Kruskal-Wallis kullanıldı. Tanımlayıcı istatistik olarak sayısal değişkenler için ortalama \pm standart sapma değerleri verildi. ($p < 0.05$) anlamlılık düzeyinde değerlendirme yapılmıştır.

4. BULGULAR

Araştırmadan elde edilen bulgular istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve cihazlar birbirleri ile karşılaştırılmıştır. İstatistiksel değerlendirmelere göre elde edilen veriler tablolar şeklinde gösterilmiştir.

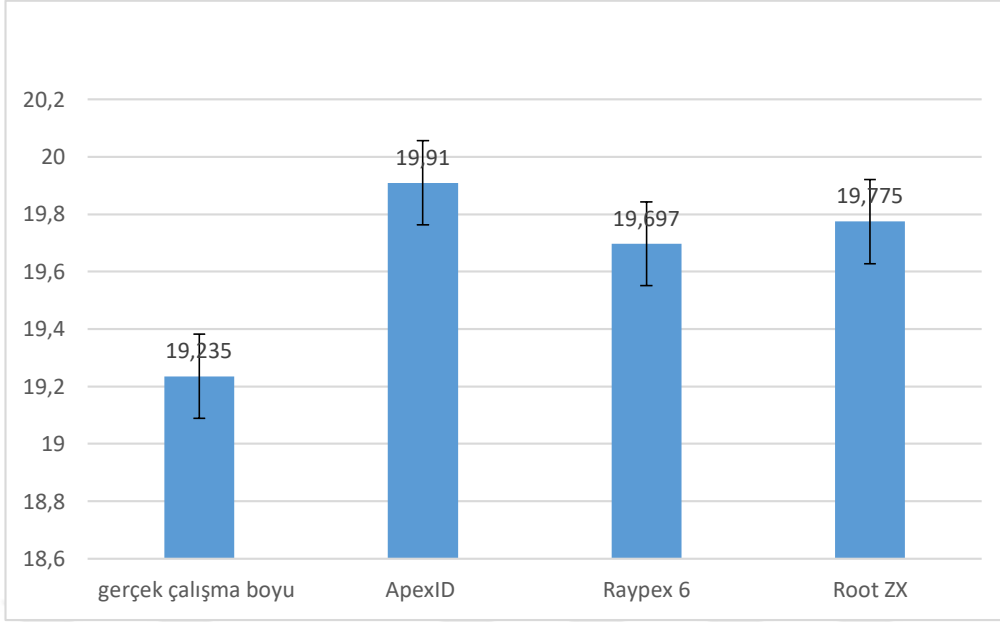
Verilerin değerlendirilmesinde tanımlayıcı istatistiksel metodların (ortalama, standart sapma, medyan, interquartil range) yanı sıra dişlerin köklerinin hem kapalı hem de açık apeksli olması halinde; elektronik apeks bulucuların mutlak değer farkları Wilk testi ile doğrulukları değerlendirilmiştir. Tablo 4.1. EAB'ler tarafından gerçekleştirilen ölçümlerin ortalama ve standart sapma hata değerlerini göstermektedir.

Kapalı apeksli dişlerde; yapılan ölçümlerde gerçek uzunluğa en yakın ölçüm Raypex 6 ile yapılmıştır. Üç elektronik apeks bulucu ile yapılan ölçümler ve gerçek uzunluklar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (Şekil 4. 1.).

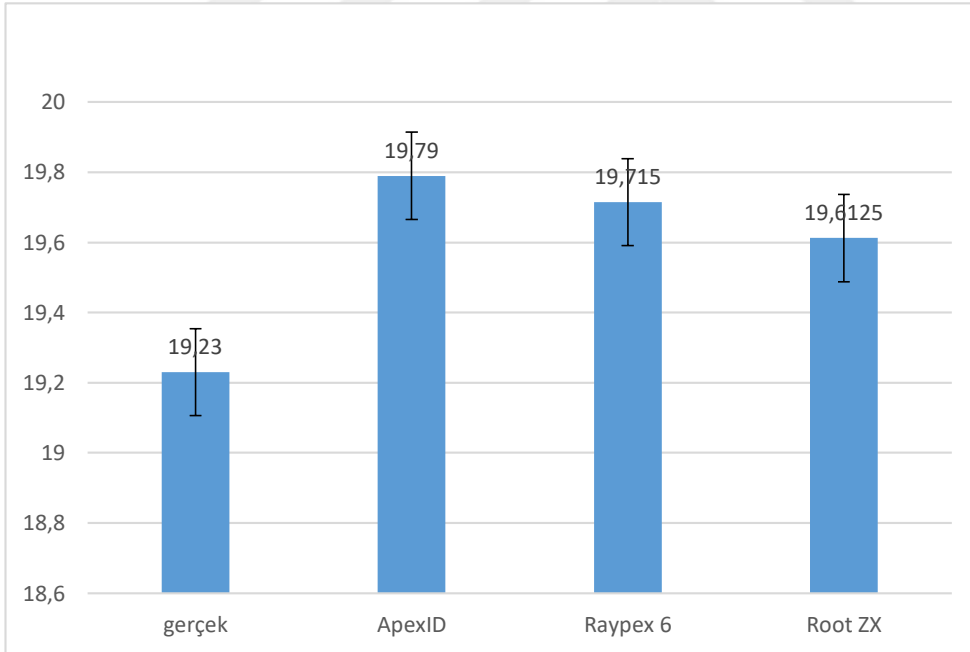
Otuz numaralı ege ile apeksi perfore edilen dişlerde yapılan ölçümlerde gerçek uzunluğa en yakın ölçüm Root-ZX ile yapılmıştır. Üç elektronik apeks bulucu ile yapılan ölçümler ve gerçek uzunluklar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (Şekil 4. 2.).

Elli beş numaralı ege ile apeksi perfore edilen dişlerde yapılan ölçümlerde gerçek uzunluğa en yakın ölçüm Raypex 6 ile yapılmıştır. Üç elektronik apeks bulucu ile yapılan ölçümler ve gerçek uzunluklar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (Şekil 4. 3.).

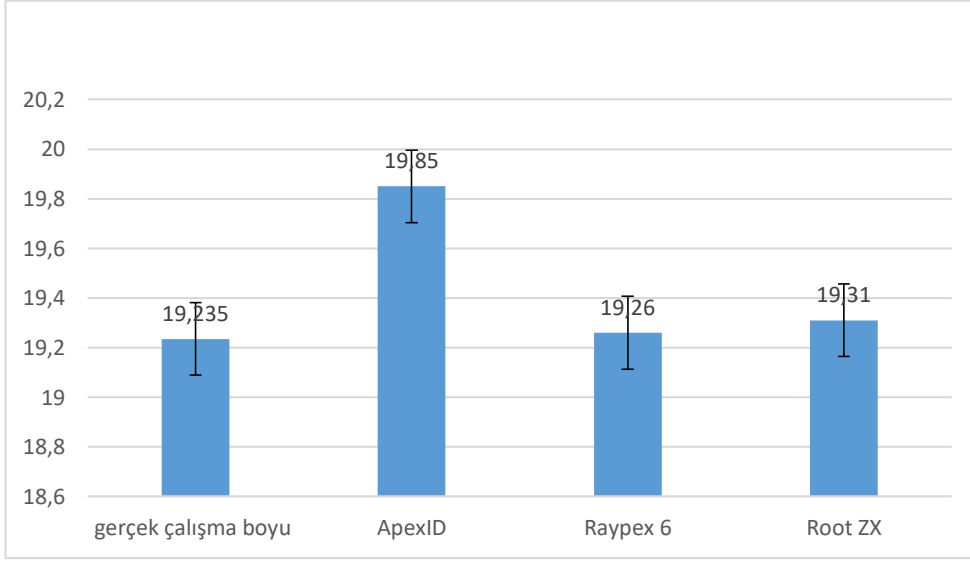
Seksen numaralı ege ile apeksi perfore edilen dişlerde yapılan ölçümlerde gerçek uzunluğa en yakın ölçüm Root-ZX ile yapılmıştır. Üç elektronik apeks bulucu ile yapılan ölçümler ve gerçek uzunluklar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (Şekil 4. 4.).



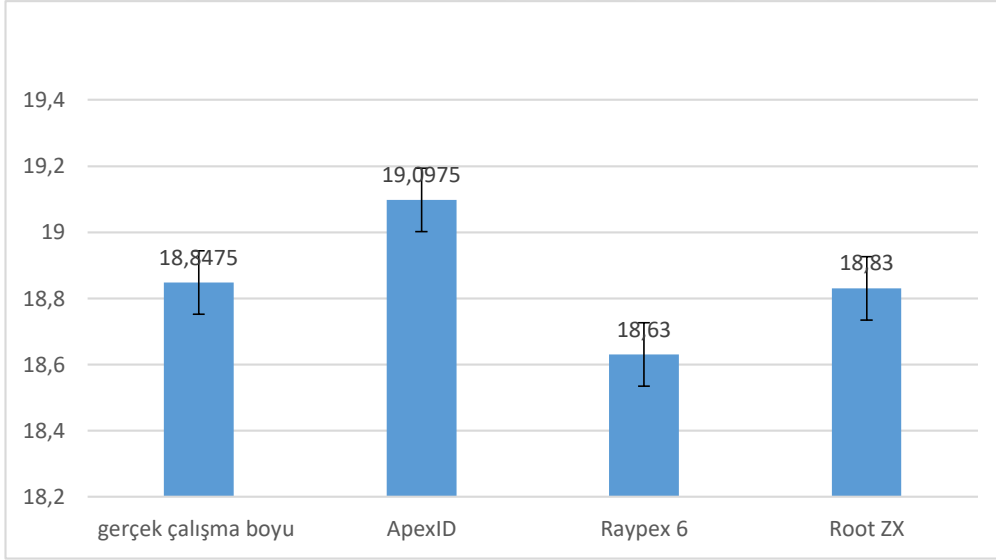
Şekil 4. 1. Kapalı apeksli dişlerde EAB'lerin ölçümleri gerçek çalışma boyu ile karşılaştırılması



Şekil 4. 2. 30 numaralı eğe ile apikal açıklıklara sahip dişlerde EAB'lerin ölçümleri gerçek çalışma boyu ile karşılaştırılması



Şekil 4. 3. 55 numaralı eğe ile apikal açıklıklara sahip dişlerde EAB'lerin ölçümleri gerçek çalışma boyu ile karşılaştırılması



Şekil 4. 4. 80 numaralı eğe ile apikal açıklıklara sahip dişlerde EAB'lerin ölçümleri gerçek çalışma boyu ile karşılaştırılması

Tablo 4. 1. Farklı apikal çaplara sahip dişlerde 3 farklı EAB'nın ölçümlerinin gerçek çalışma boyu ile karşılaştırılması.

		Gerçek Çalışma Boyu	ApexID	Raypex 6	Root ZX
Kapalı apeks	Ortalama	19,2350 ^a	19,9100 ^a	19,6970 ^a	19,775 ^a
	Standart sapma (\pm)	1,37650	1,30944	1,30205	1,30599
N		20	20	20	20
30 numaralı eğe ile açık apeksli dişler	Ortalama	19,2300 ^a	19,7900 ^a	19,7150 ^a	19,6125 ^a
	Standart sapma (\pm)	1,37644	1,26830	1,34655	1,23383
N		20	20	20	20
55 numaralı eğe ile açık apeksli dişler	Ortalama	19,2350 ^a	19,8500 ^a	19,2600 ^a	19,3100 ^a
	Standart sapma (\pm)	1,27063	1,32298	1,24304	1,25453
N		20	20	20	20
80 numaralı eğe ile açık apeksli dişler	Ortalama	18,8475 ^a	19,0975 ^a	18,6300 ^a	18,8300 ^a
	Standart sapma (\pm)	1,32749	1,42140	1,24683	1,46892
N		20	20	20	20

* Farklı küçük harf üst karakterler istatistiksel farkı göstermektedir.

Tablo 4. 2. APEX IDin 4 grupta tespit ettikleri çalışma boyları ± 0.5 , ± 1 ile gerçek çalışma boylarının karşılaştırılması (%)

APEX ID	G0 (%)	G34 (%)	G59 (%)	G84 (%)
± 0.5	70	75	70	75
± 1	95	90	90	95

Tablo 4. 3. Raypex 6 in 4 grupta tespit ettikleri çalışma boyları ± 0.5 , ± 1 ile gerçek çalışma boylarının karşılaştırılması (%)

R6	G0 (%)	G34 (%)	G59 (%)	G84 (%)
± 0.5	80	75	85	80
± 1	100	100	100	90

Tablo 4. 4. Root ZXin 4 grupta tespit ettikleri çalışma boyları ± 0.5 , ± 1 ile gerçek çalışma boylarının karşılaştırılması (%)

RZX	G0 (%)	G34 (%)	G59 (%)	G84 (%)
± 0.5	75	75	80	80
± 1	100	100	100	100

Sonuç olarak, bu çalışmada üç elektronik apeks bulucunun (Apex-ID, Root-ZX ve Raypex 6) da gruplar arası karşılaştırmada hem kapalı hem de açık apekslerde gerçek çalışma uzunluğuna kıyasla istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmedi. Apex-ID, Raypex 6 ve Root ZX, Apeks bulucular klinik kullanım için güvenilirdir.



5. TARTIŞMA

Çalışma boyutunun tam olarak belirlenmesi, endodontik tedavinin en önemli adımlarından biridir. Bu nedenle, sayısız çalışmada çalışma uzunluğunun doğru belirlemesinin önemi vurgulanmıştır (103, 113, 172). Gerçek çalışma boyunu belirlemek için bir takım teknikler kullanılmış ve EAB'ler endodontik uygulamaya değerli bir katkı olarak düşünülmüştür (173). EAB'lerin doğru ölçüm yapabildiği ve apikal foramenlerin ve apikal daralımın yerini doğru belirlediği iddia edilmektedir (174). Daha önceki EAB'lerin kök kanalındaki nem, vital pulpa dokusu, kan, kök kanal irrigasyon kalıntısı varlığında yanlış sonuçlar verdiği bildirilmiştir (70, 128).

Hekimlerin tedavi sırasında apikal daralımı görsel olarak algılaması mümkün değildir. Radyografik yöntemler, iki boyutlu görüntü vermeleri nedeniyle sınırlı bilgi sağlamaktadır (175). Elektronik apeks bulucuların doğruluk oranlarının %35 ile %100 arasında değiştiği belirtilmiştir (15, 107). Martins ve arkadaşlarının (176) derlemesinde elektronik apeks bulucuların doğruluklarının değerlendirildiği çalışmalarda çeşitli oranların (%43.9-%81.9) elde edildiği ve elektronik apeks bulucuların endodonti kliniğinde sıklıkla kullandığımız periapikal radyograflardan daha doğru (%14.6-%32.72) sonuçlar gösterdiği öne sürülmüştür. Elektronik apeks bulucular radyografik yöntemlere kıyasla daha başarılı sonuçlar göstermiştir. Bu sebeple çalışmamızda kullanılan elektronik apeks bulucuların klinik olarak kabul edilebilir doğruluk oranlarına sahip olduğu söylenebilir. Elektronik apeks bulucuların uzun ve kısa ölçümler de yaptığı görülürken doğru ölçümlerin sayıca daha fazla olduğu saptanmıştır (177). Özellikle açık apeksli dişlerde yapılan endodontik tedavilerde zaman zaman çalışma boyutunun kontrol edilmesine ihtiyaç duyulabilmektedir ve radyografik yöntemin seçimi hastanın ekstra radyasyona maruz kalmasına yol açmaktadır. Bu şartlar altında açık apeksli dişlerde bir kök kanalında EAB cihazın doğru sonuçlar verebilmesi tedavi başarısı için önemlidir.

Negishi ve ark., en iyi tedavi sonuçlarının, radyografik apeksden 0-2 mm mesafede alınabileceğini belirtmişlerdir (178). Ancak ElAyouti ve ark., radyografik apeksten 0-2 mm mesafede yapılan enstrümantasyonun premolarların %51'inde ve molarların %22'sinde taşkın enstrümantasyu ile sonuçlandığını ve çalışma boyutunun belirlenirken elektronik yöntemin kullanılmasının faydalı olacağı sonucuna varmışlardır (179). Yetersiz enstrümantasyon, yetersiz temizlik ve şekillendirmeye yol açarken, aşırı enstrümantasyon, debris ve irrigasyon taşmasına neden olabilir. Özellikle açık apeksli dişlerde, çalışma uzunluğunu doğru olarak belirlemek ve yukarıda belirtilen komplikasyonları önlemek zordur.

Apikal daralma, kök kanalının en dar kısmıdır ve kök kanal sisteminin enstrümantasyonu ve dolumu için fizyolojik apikal limit olarak kabul edilir (20, 123). Bununla birlikte, bu noktayı belirlemede bazı sorunlar olabilmektedir. Örneğin, apikal daralmanın varlığı düşünülenden çok daha komplike olabilir, çünkü incelenen dişlerin yarısından daha azı geleneksel olarak tek bir apikal daralmaya sahiptir (45). Ayrıca, çeşitli araştırmacılar, AD'nin kesin lokasyonunun belirlenemeyeceğini ileri sürmüşlerdir ve her zaman apikal daralma bulunamayabilmektedir (55, 180).

Elektronik apeks bulucuların doğruluğunu değerlendirmek için farklı aralıklar kullanılmıştır. Genellikle apikal daralımı belirlemek için yapılan elektronik ölçümlerde 0.5-1 mm'lik aralıklar kullanılmıştır. Bu farklılık kabul edilebilirdir çünkü mikroskobik çalışmalar bu belirtecin bu aralıkta pozisyon alabileceğini göstermiştir (52, 78, 181). Yapılmış in vivo çalışmalar Root ZX'in minör çapı 1 mm içerisinde lokalize edebileceğini göstermiştir. ± 0.5 mm'lik hata varyasyonu çalışma uzunluğunun apikal daralımı yakın olmasını sağlayarak apikal foramenin ilerisinde olmasını önlemektedir.

Bir çok çalışmada EAB cihaz için apikal foramene olan ± 0.5 mm uzaklık kök kanalının sıklıkla en dar noktası olarak kabul edilir ve bu oldukça hassas bir aralıktır (98, 159). Sonuç olarak, diğerleri, majör foramenleri ya da majör foramenlerden 0.5 mm kısa noktaları referans noktası olarak, gerçek çalışma uzunluğunu belirlemede EAB'lerin

doğruluğunu değerlendirmiştir (173, 182).

Diğer taraftan, kök kanalları her zaman apikal daralımda sonlanmayabilir. Bu nedenle, diğer çalışmalarda ise klinik olarak ± 1.0 mm mesafeyi kabul edilebilir olarak tercih etmişlerdir (183, 184). Bu in vitro çalışmamızda elektronik apeks bulucuların (EAB) doğruluğunu karşılaştırmak ve değerlendirmek için gerçek çalışma boyundan (GÇB) ± 1.0 mm'lik uzaklık kullanıldı.

EAB'lerin kabulü, özellikle üçüncü ve dördüncü nesillerin tanıtımıyla geniş ölçüde artmıştır (179). Üçüncü nesil apeks bulucular daha güçlü mikroşlemcilerle sahiptir ve doğru okumalar için gerekli matematiksel bölüm ve algoritma hesaplamalarını yapabilir. Dördüncü kuşak apeks bulucular, empedans bilgisini matematiksel bir algoritma olarak işlemezler, bunun yerine direnç ve kapasitans ölçümlerini ayrı ayrı alırlar ve kök kanalının tepe noktasına olan mesafeyi belirlemek için bir veri tabanı ile karşılaştırırlar (11). EAB cihazların doğruluğunu daha da artırmak için çok yönlü temelli apeks bulucular geliştirilmiştir. Bu EAB'ler empedans karakteristiklerini ikiden fazla frekansla ölçme kavramına dayanırlar (94). Modern EAB'ler, her bir empedansla orantılı olan farklı elektrik potansiyelleri arasındaki oranı belirleyerek farklı frekanslar kullanarak çalışır. Elektrolitlerin varlığında çalıştıkları için EAB'leri kullanmadan önce kanalı kurutmaya gerek yoktur (174).

Gehlot ve ark. paslanmaz çelik el eğeleri ile yapılan elektronik çalışma boyu (EÇB) ölçümlerinin doğruluğunun Ni-Ti eğelerin ölçümlerinden istatistiksel olarak daha doğru olduğunu bildirmiştir (171). Elektronik apeks bulucuların doğruluğunun değerlendirildiği çalışmalarda elektronik çalışma boyunun (EÇB) ölçümlerinde paslanmaz çelik el eğeleri kullanılmıştır (5, 6).

In vitro çalışmalar paslanmaz çelik eğelerin kullanıldığı Root-ZX çalışmalarında doğruluk oranının % 76 ile % 100 arasında değiştiğini göstermiştir. NiTi eğelerinin kullanıldığı çalışmalarda ise doğruluk oranı % 70 olarak belirlenmiştir (185).

Bununla birlikte, Siu ve ark.1 yaptıkları çalışmada döner NiTi aletler kullanılarak Root-ZX'in doğruluk oranı % 50 olarak bulunmuştur (166).

Thomas ve ark. hem paslanmaz çelik hem de NiTi eğelerin kullanıldığı çalışmalarında Root ZX'in yanlış sonuçlar verebileceğini bildirmiş ve bu iki ege tipinin birbirinin yerine kullanılabileceği sonucuna varmışlardır (186).

Yapılan in vitro araştırmada Paras Mull Gehlot ve ark. Root ZX çalışmasında NiTi eğeler ile elde edilen sonuçlar paslanmaz çelik eğelere kıyasla istatistiksel olarak daha doğru bulunmuştur (171). Plotino ve ark.'nın çalışmalarına göre paslanmaz çelik eğeler ile Root ZX'in doğruluğu %93.3 olup, daha önce bildirilen in vitro çalışmalarla uyumludur (107, 187). Yapılan bu çalışmalar dikkate alınarak bizde paslanmaz çelik eğeler kullandık.

EAB'leri değerlendiren in vitro çalışmalar, elektronik ölçümler için apikal elektro iletkenliği simüle etmek için aljinat (14, 188) salin (113, 173) agar (189) jelatin (9) ve diğer kimyasalları (6, 190) kullanmıştır. Baldi ve ark., (191), alginat, agar, jelatin, salin ve salin emdirilmiş süngerin etkisini karşılaştırmış ve gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmamasına rağmen, aljinatın diğer gruplardan daha üstün olduğunu ifade etmişlerdir. Aljinatın koloidal jel olarak elektro iletkenlik sağlamak açısından kullanılan diğer materyallere oranla daha üstün olduğu görülmüştür.

Duran-Sindreu ve ark. tarafından yapılan çalışmada in vivo modelde elde edilen sonuçlar ile aljinat kullanılarak yapılan in vitro modelde elde edilen sonuçlar arasında anlamlı fark bulunmamıştır. Bu bulgular, EAB'lerin değerlendirilmesinde in vitro modellerin kullanımını desteklemektedir (192). Aljinat, periodontal ligamenti koloidal kıvamıyla simüle eden elektro-iletken bir malzemedir (193). Bu çalışmamızda iletken malzeme olarak aljinat kullanıldı.

Lucena-Martin ve ark. (103) ile D'Assuncao ve ark. (188) çalışmalarında, nem kaybını önlemek için aljinatın yerleştirilmesinden sonraki 2 saat içinde çalışma uzunluğu

ölçülmüştür. Bununla birlikte, Lipski ve ark. (193) ölçümleri 30 dakikada tamamlamıştır. Bu bilgiler ışığında araştırmamızda, aşırı nem kaybını önlemek için aljinatın yerleştirilmesinden itibaren 30 dakika içinde EAB ölçümleri yapılmıştır.

Root ZX eşzamanlı olarak 0.4 ve 8.0 kHz frekanslarında ölçülen empedansların oranını ölçerek çalışır (135, 192, 194, 195). Root ZX'in başarısı çeşitli çalışmalarla kanıtlanmıştır ve farklı EAB'lerin doğruluğu Root ZX ile karşılaştırılmıştır (9, 14, 173, 182). Önceki çalışmalar ile bu çalışmanın sonuçları benzerlik göstermiş olup Root ZX in yapılan ölçümlerde gerçek uzunluk ile ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.

Çalışma uzunluğunun elektronik ölçümleri farklı faktörlerden etkilenebilir (196, 197). Elektronik apex bulucular, sıklıkla daha küçük boyutlu eğeler ile kullanılır. Bununla birlikte, ege boyutunun ölçüm doğruluğu üzerindeki etkisi net değildir. Fernando ve ark. MiniApex Locator ve Root ZX II ile yaptıkları çalışmada, enstrümantasyon büyüklüğünün elektronik ölçüm doğruluğunu etkilediğini göstermişlerdir (198). Ebrahim ve ark. (4), apikal çap için uygun ege kullanımının, apeks bulucuların elde ettiği elektronik çalışma boyunun (EÇB) ölçümlerinin doğruluğunu artırdığını bildirmişlerdir. Akisue ve ark. (6), doğru elektronik çalışma boyunun (EÇB) ölçümlerinin, genişletilmiş apikal foramenli dişlerde uygun eğelerin kullanımı ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir.

Birçok *in vivo* ve *in vitro* çalışmada kanalın apikal çapına göre ege seçiminin kanal boyu ölçümlerinde doğruluğu artırdığı gösterilmiştir (8, 139). Uzunoglu ve ark. göre, kalsiyum hidroksit (KH) kalıntıları EAB'nin doğruluğunu olumsuz yönde etkilemiştir (199).

Genç jenerasyon EAB'ler genellikle iletken sıvıların varlığında yanlış sonuçlar vermektedir (129). Bununla birlikte, yeni nesil EAB üreticileri, bu yeni cihazların irrigasyon sıvılarından olumsuz etkilenmediklerini iddia etmektedir (130). Yeni nesil

EAB'ler, çeşitli elektrolitlerin varlığında doğru bir şekilde çalışmasını sağlayan 2 veya daha fazla frekans kullanarak kök kanal uzunluğunu belirler. Bununla birlikte, kan, serum fizyolojik, anesteziik solüsyon, irrigant sıvılar ve sodyum hipoklorit gibi yüksek elektro-iletken irrigantların EAB performansının doğruluğunu etkileyip etkilemeyeceği konusu hala tartışmalıdır (127). Saito ve ark. çalışmalarında %5 NaOCl ve %14-17 arasında EDTA kullanılmış ve apikal foramen tespitinde herhangi bir etkilenme gözlenmemiştir (4, 101). Goldberg ve ark. Root-ZX'in ± 0.5 mm içinde %62.7-68.0 arasında doğru olduğunu bildirmiştir. Dunlap ve ark. Root-ZX ile kaydedilen elektronik değerlerin %82'sinin, %2.5 NaOCl kullanıldığında apikal daralmanın ± 0.5 mm içinde doğru olduğunu bildirmişlerdir (105, 113).

In vitro bir çalışmada, Fan ve ark. (200) ProPex, Root ZX ve Neosono UltimaEZ'i, kök kanallarını simüle eden cam tübüllerde farklı irrigasyon solüsyonlarının varlığında karşılaştırmış ve ProPex ve Neosono'nun çeşitli koşullar altında Root ZX'den daha doğru olduğunu bulmuşlardır. Bununla birlikte, iletken sıvıların EAB'lerin doğruluğunu azalttığı bildirilmiştir. In vivo bir çalışmada, Venturi ve Breschi elektronik ölçüm doğruluğunun kanalın içeriği ile ilgili olduğunu göstermiştir (201).

Uzunoglu ve ark., %5.25 NaOCl kullandığında, EAB'nin doğruluk değerleri ± 0.5 mm içinde %50-64.3 olarak bulunmuştur. Bu çalışmada, %5.25'lik NaOCl kullanıldığında, irrigantlar arasında en doğru sonuçlar elde edilmiştir (199). Prasad Ashwini B ve ark göre Root ZX ve i-Root, çeşitli irrigasyonların (%0.9 salin, %3 sodyum hipoklorit (NaOCl), %2'lik klorheksidin diğlükonat (CHX) ve %17'lik Etilen Diamin Tetra Asetik asit (EDTA) varlığında çalışma uzunluğunu belirlemek için güvenle kullanılabilir. Kök kanalının içeriği, elektronik apeks bulcular (EAB) kullanılarak çalışma uzunluğu ölçülürken doğruluğu etkilememiştir (131).

Bu sonuçlara karşı, Haffner ve ark. bazı EAB'leri in vivo koşullarda karşılaştırmış ve kök kanalları kağıt konlar ile kurutulduğunda Root-ZX'in daha doğru sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir (202).

Fan ve ark, tübüller kuruduğunda veya daha az iletken elektrolitle doldurulduğunda tübül çapındaki artışın sonuçları etkilemediğini bildirmişlerdir. Bununla birlikte, tübüller güçlü elektrolitler ile doldurulduğunda, EAB sonuçları tübül çapındaki artıştan olumsuz olarak etkilenmiştir (200). Bu alışmada, %0.9 NaCl ve NaOCl gibi iletken sıvılar kullanıldığında, Root ZX'in doğruluğunda azalma olduğu görüldü.

Yan foramenlerin varlığı, Apex ID ve Root ZX cihazlarının 0.0 işaretindeki elektronik okumaların hassasiyetini etkilediği bildirilmiştir. Buna karşın, Lucila Piasecki ve ark. alışmalarında lateral AF varlığının sadece Apex ID'nin doğruluğunu azalttığını belirtmişlerdir (57, 58, 114).

Vasconcelos ve ark tarafından yapılan çalışmada Root ZX II ile elde edilen sonuçlar, daralım olmadan elde edilen sonuçlar ve diğer EAB'ler ile elde edilen sonuçlara göre daha yanlış çıkmıştır (0.0 ve -1.0). Bu sonuç, kök kanalından bir akımın geçişini zorlaştıran dentin tıkaçlarının varlığı ile ilişkilendirilmiş ve AF'ye ulaşılamaması, bu cihazın doğruluğunu önemli ölçüde etkilemiştir (203).

Lucila Piasecki ve ark. elektronik apeks bulucu (EAB), Apex ID (SybronEndo, CA, ABD) ve Root ZX (J. Morita, Tokyo, Japonya) 'in doğruluğunu mikro-bilgisayarlı tomografi (mikro CT) ile karşılaştırmıştır. Mikro CT kullanımının amacı ileri görüntüleme ve ölçüm doğruluklarını etkileyebilecek anatomik varyasyonları belirleme olarak ifade edilmiştir. Root ZX ve Apex ID, GB ve B'nin belirlenmesinde eşit (aynı) derecede hassas bulunmuştur. B'nu yüksek hassasiyetle belirlemek için "0,5" işareti kullanılabilir (114).

Korelasyon analizi, AD'nin morfolojisinin farklı EAB'lerin doğruluğuna etki etmediğini ortaya çıkarmıştır. Kanalların oğunda (%63.79) AD'nin geleneksel morfolojisi bulunmaktadır. Bu bilginin aksine, mikro-CT görüntüleme kullanılan önceki çalışmalar, paralel formun azı dişlerinde en yaygın konfigürasyon olduğunu bildirmiştir (204, 205). Bu tutarsızlık, kanal boyutlarını tanımlamak için kullanılan metodolojik farklılıklar ile

açıklanabilir. Bu çalışmada, kapalı apeksli dişlerde Root ZX'i etkilemiş olan faktörlerden birinin AF'lerin dentin ile tıkanması ve bu tıkanmanın apikale ulaşmayı engellemesi olduğu düşünülmektedir. Bu durum, empedans direnç faktörünün cihazlar tarafından uygun şekilde ölçülmesini engellemektedir.

Kök ucu açık dişler, Root ZX'in doğruluğunu değiştirmektedir. Herrera ve ark. (5, 150) iki çalışmasında, Root ZX için kabul edilebilir ölçümlerin oranı, sırasıyla 0,6 mm ve 1.02 mm'yi aşan artan çapla azalmıştır. Akisue ve ark. (6) çalışmasında Root ZX'in performansı 0.27 mm, 0.47 mm ve 0.72 mm apikal çapları olan dişlerde değerlendirilmiştir. Sonuçlar, Root ZX'in başarısının apikal çapla birlikte azalmasına rağmen, istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını ortaya koymuştur. Bu çalışmalara göre Root ZX ve Apex ID'nin 0.6–0.7 mm'ye kadar apikal foramen çaplarından etkilenmediği bildirilmiştir (5, 6, 114).

Elektronik ölçüm için kullanılan eğe büyüklüğünün de önemli olduğu unutulmamalıdır. Ebrahim ve ark. (4, 207) ile Herrera ve ark.'ın (5, 150) çalışmaları, sonuçların doğruluğu için ege boyutunun apikal çapa olabildiğince yakın olması gerektiğine işaret etmiştir. Bu çalışmada, Grup 0 için apikal bölgede sıkışan ilk ege ve diğer gruplar için ana apikal ege EAB'ler ile kullanılmıştır.

Raypex yaygın olarak kullanılan bir başka EAB'dir. Stober ve ark.'nın (157) Raypex 5'in klinik performansını değerlendirdikleri çalışmada, %75 ±0.5 mm ve %100 ±1mm doğru sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, Somma ve ark.'nın (158) çalışmasında, Raypex 5'in doğruluğu yüksek bulunmuştur. Bu cihazın önceki modeli Raypex-4 ElAyouti ve ark. (159) tarafından kök rezeksiyonlu dişlerde değerlendirilmiştir. Root ZX'in %90'lık bir oranla doğruluğunun, ±1 mm'de %74'lük bir oranla Raypex 4'ten daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca, Raypex 4'ün başarısının, apikal çapın artmasıyla azaldığını da ortaya koymuşlardır. Moscoso ve ark.'ın (160) yaptığı Raypex 6'nın performansını değerlendiren çalışmada Raypex 6'nın tüm olguların %88.22'sinde ±0,5 mm ve %100 ünde ±1 mm'de apikal forameni saptadığını bulmuşlardır. Çalışmalarına

göre, bu çalışmanın sonuçları, olgun apeksli dişlerde Raypex 6'nın ± 0.5 mm'de %85 ± 1 mm içinde %95 başarılı olduğunu göstermiştir. Kabul edilebilir ölçümlerin oranı grup 32'de hafifçe azalırken, grup 57 ve 72'de anlamlı olarak azalmıştır. ElAyouti ve ark'nın (159) çalışmasında, Root ZX'e benzer şekilde, apikal çapı 0.57 mm'nin üzerinde olduğunda Raypex 6'nın başarısı azalmıştır. EAB'lerin apikal daralmayı belirlediği düşünüldüğünde, bu sonuç bu apikal daralmanın tamamen bozulması ile ilişkili olabilir. Yukarıda belirtildiği gibi, 55-60'ı geçen ege boyutları, kök kanallarının konik şeklini paralel bir konfigürasyona değiştirir. Bu elde edilen yanlış ölçüm sonuçları için başka bir sebep olabilir. ElAyouti ve ark. (10, 159), dentin duvarlarının elektro-iletkenliğini belirttiklerinden, apikal dallanmaların varlığı da EAB'lerin doğruluğunu etkileyebilir.

ElAyouti ve ark'ın aksine (159), Root ZX ve Raypex 6 arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Bu sonuçlar, üreticinin Raypex 4'e kıyasla Raypex 6'nın doğruluğunu artırdığını göstermektedir. Üretici, Raypex 6'nın en son çoklu frekanslı apex bulucu teknolojisini kullandığını ve bu sayede kesin sonuçları gösterdiğini iddia etmektedir. Sonuçlardaki farklılıklar da kullanılan diş tipiyle ilişkili olabilir. Onlar çalışmalarında premolar ve molarlar kullanılırken, bu çalışmada tek kök, tek kanallı kesici dişler ve distile su kullanıldı sonuç olarak (G 34, G 59 ve G 84) gruplarda açık apeksli dişlerde ApexID, Root ZX ve Raypex 6 EAB'leri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmedi. Bu nedenle, farklı diş tipleri de dahil olmak üzere daha ileri çalışmalar ile sonuçlar desteklenmelidir.

Piyasaya yeni girmiş olan Apex ID'nin çalışma mekanizması literatürde açıklanmamıştır; bununla birlikte, bu cihazın işletim mekanizmasının Root ZX II'ye benzer olduğu, ancak Apex ID'nin 0.5 ve 5.0 kHz frekanslarında çalıştığı bilinmektedir. Ancak, üreticiye göre donanım yazılımı mevcut EAB'lerden daha gelişmiştir (161). Lucila Piasecki ve ark tarafından yapılan çalışmada Root ZX Mini ve CanalPro'nun 0.0/APEX mandibular molarların eğimli mezial kanalları kullanarak elde edilen ortalama uzunluklar gerçek kanal uzunluğuna çok yakın bulunmuştur, Apex ID için ise

ortalama ölçümlerin anlamlı olarak daha uzun olduğu belirtilmiştir ($P < .05$). Cihazlar arasında hassas ölçümlerin yüzdesinde (± 0.5 mm içinde) bir fark bulunmamıştır. Değerlendirilen anatomik parametrelerden yan foramen varlığı Apex ID'nin 0.0 işaretini olumsuz olarak etkilemiştir (208). Çalışmamızda olgun apeksli dişlerde ± 1 mm içinde; gerçek çalışma boyuna yakın uzunlukların elde edildiği ölçümler Raypex 6 ve ApexID ile yapıldı.

Vasconcelos ve ark'a göre 0.0 mm'de 3 EAB kullanılarak kök kanal uzunluklarının belirlenmesinde elde edilen sonuçlar, literatürdekilerle %100 hassasiyete yakın uyumludur. Yapılan bu çalışmaya göre Apex ID'nin doğruluğu mevcut en iyi cihazların doğrulukları ile karşılaştırılabilir orandadır (0.23 mm, %93) (203).

Root ZX, diğer EAB'lerin karşılaştırıldığı altın standart olarak kabul edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Apex ID'yi güvenilir bir EAB olarak desteklemektedir ve Root ZX ile karşılaştırılacak oranda doğru ölçümler sağlamıştır (203, 107). Bruno Carvalho de Vasconcelos ve ark. yaptıkları çalışmada elde edilen bulgular doğrultusunda, apikal foramen açıklığının dentin debrisleri ile tıkanması veya daraltılması değerlendirilen 3 EAB'nin doğruluğu farklı şekillerde etkilemiştir. Root ZX II'nin doğruluğu önemli ölçüde azalırken, Apex ID, apikal foramen açıklığının daralmasından etkilenmemiştir. Ayrıca, cihaz apikal foramene ulaştığında cihazlar arasında hiçbir fark gözlenmemiştir (203).

Kök kanalının büyüklüğü, EAB'lerin doğruluğunu etkileyecek başka bir faktördür (127). Ebrahim ve ark. (207), kök kanalının çapı arttıkça, daha küçük boyutlu eğeler ile elektronik olarak ölçülen uzunluğun kısaldığını bildirmişlerdir. Root ZX ve Apex ID'nin 0.6–0.7 mm'ye kadar foramen çaplarından etkilenmediği daha önce bildirilmiştir (6, 114, 5). Çalışmamızda kök kanallarının apikallerinde farklı gruplar halinde 0.30-0.55–0.80 mm'lik genişletmeler yapıldı ve çalışmamızda kullandığımız 3 EAB'nin (Root ZX, Raypex-6 ve Apex ID) bu apikal çaplardan etkilenmediği görüldü.

Ekici ve ark. çalışmalarında; farklı çaplarda (ProTaper F1, F2 ve F3) apikal foramenlere sahip dişlerde yeni geliştirilmiş multifrekans elektronik apeks bulucu iPex II ile üç farklı multifrekans elektronik apeks bulucunun (Raypex 5, Raypex 6, iPex) doğruluğunu karşılaştırmışlardır. Apeks bulucuların GÇB'ye göre ± 0.5 mm aralığındaki ölçümleri gösterilmiştir. Apikal foramenleri genişletilmiş dişlerde, iPex II ve diğer elektronik apeks bulucuların çalışma boyu ölçümleri arasında farklılık olmadığı görülmüştür (168).

Akisue ve ark. çalışmalarında aşağıdaki EAB'ler kullanılmıştır: (MiniApex, Root ZX II, iPex, Propex II ve Element Apex Locator). G27'de, tüm EAB'ler doğru sonuçlara ulaşırken G47 ve G72'de sadece MiniApex, Root ZX II ve Elements Apex Locator elektronik apeks bulucular doğru bulgular vermiştir. iPex ve Propex II cihazları ise foramen büyüklüğü arttıkça azalmış doğruluk göstermiştir (6).

Stöber ve ark. Root ZX ve iPex apeks bulucularının doğruluk derecelerini ± 0.5 mm referans aralığı ve ± 1 mm aralığında değerlendirmişlerdir. Her iki referans aralığında da apeks bulucular arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulamamışlardır (182). Somma ve ark. Dentaport ZX, Raypex 5, Propex II apeks bulucularının kök kanal boylarını ölçmedeki doğruluğunu değerlendirmişlerdir. Üç farklı apeks bulucu arasında $\pm 0,5$ mm referans aralığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulamamışlardır (158). Bir önceki çalışmalarda olduğu gibi bu çalışmanın sonuçları bizim çalışmamızın sonuçlarına benzer nitelikler taşımaktadır.

Herrera ve ark.'ın çalışmalarında, Root ZX'in doğruluğu 0.57 mm ve 0.72 mm'de ± 0.5 mm'de azalmıştır (5, 150). Aydın ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada sonuçlara göre Root ZX ve Raypex-6, olgun apeksli dişlerde güvenilirdir. 0.57 mm'yi aşan apikal foramen çaplarında ise hassasiyetleri anlamlı oranda azalmaktadır (149). Ama, çalışmamızın sonuçlarına göre kapalı ve açık apeksli dişlerde, elektronik ölçüm ile gerçek boylar arasında, kullanılan apeks bulucu cihazdan bağımsız olarak, istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmedi. Nguyen ve ark'a göre Root ZX, apikal daralma

düzensiz olsa bile kök kanalının en dar bölgesini belirler (206). Hipotezimiz apikal çap büyüdükçe apikale gidildikçe koniklik azalır, kanal duvarları paralel hale gelir. Ama bu çalışmamızda açık apeksli dişlerde ApexID, Root ZX ve Raypex 6 EAB'leri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmedi. Bu durumun sebebi olarak farklı faktörlerden etkilenebilir. Bazı çalışmalara göre, yanlış ölçümlere sebep olabilen kök kanalına sıvı akışı aljinat modelinin göreceli sertliği ile önlenabilir (98). Piasecki ve ark'a göre bazı anatomik varyasyonlar EAB'lerin doğruluğunu etkileyebilir (114). Birçok *in vivo* ve *in vitro* çalışmada kanalın apikal çapına göre ege seçiminin kanal boyu ölçümlerinde doğruluğu artırdığı gösterilmiştir (8, 139). Fan ve ark.'a göre iletken sıvıların EAB'lerin doğruluğunu azalttığı bildirilmiştir (200).

EAB'lerin doğruluğunu değerlendiren çalışmalar hem *in vivo* hem de *in vitro* olarak gerçekleştirilebilir. Duran-Sindreu ve ark'nın çalışmasında, (192) Root ZX'in doğruluğu *in vivo* ve *in vitro* olarak belirlenmiştir. *In vivo* ve *in vitro* gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmadığı sonucuna varmışlardır. Ebrahim ve ark., (207) *in vitro* çalışmaların *in vivo* çalışmalarla elde edilemeyen farklı değişkenlerin objektif değerlendirmesini sağladığını belirtmiştir. Ayrıca, Briseno-Marroquin ve ark. (189), *in vitro* çalışmaların, daha güvenilir istatistiksel analizlere ve farklı EAB'lere ve ege boyutlarına sahip tekrarlı ölçümlere izin veren çok daha fazla sayıda örnek içerebileceğine dikkat çekmiştir. Bu çalışmanın yazarları, standartlaşmayı daha iyi gerçekleştirmek ve farklı apikal çapları olan dişlerdeki ölçümleri tekrarlamak için *in vitro* çalışmayı tercih etmişlerdir. Bu çalışmada kullanılan *in vitro* koşullar altında birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü (G 0, G 34, G 59 ve G 84) gruplarda olgun ve açık apeksli dişlerde ApexID, Root ZX ve Raypex 6 EAB'leri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmedi. 4 grupta da Root ZX ile yapılan ölçümler gerçek çalışma boyuna en yakın ölçümler olarak belirlendi. Apex-ID, Raypex 6 ve Root ZX, günlük klinik kullanım için güvenilir EAB'lerdir.

Bu çalışmanın yürütüldüğü in vitro deneysel koşullar altında aşağıdaki sonuçlar elde edildi:

1. Üç elektronik apeks bulucuda (Apex-ID, Raypex 6 ve Root ZX mini) da gruplar arası karşılaştırmada hem kapalı hem de açık apekslerde gerçek çalışma uzunluğuna kıyasla istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmedi.
2. Her 3 EAB (Apex-ID, Raypex 6 ve Root ZX mini) klinik kullanım için güvenilirdir.



6. KAYNAKLAR

1. D'Assuncao FLC, de Albuquerque DS, Salazar-Silva JR, de Queiroz Ferreira LC, Bezerra PM. The accuracy of root canal measurements using the Mini Apex Locator and Root ZX-II: an evaluation in vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007;104(3):e50-3.
2. Certosimo FJ, Milos MF, Walker T. Endodontic working length determination--where does it end? *Gen Dent.* 1999;47(3):281-8.
3. Souza RA. The importance of apical patency and cleaning of the apical foramen on root canal preparation. *Braz Dent J.* 2006;17(1):6-9.
4. Ebrahim AK, Wadachi R, Suda H. An in vitro evaluation of the accuracy of Dentaport ZX apex locator in enlarged root canals. *Aust Dent J.* 2007;52(3):193-7.
5. Herrera M, Abalos C, Lucena C, Jimenez-Planas A, Llamas R. Critical diameter of apical foramen and of file size using the Root ZX apex locator: an in vitro study. *J Endod.* 2011;37(9):1306-9.
6. Akisue E, Gratieri SD, Barletta FB, Caldeira CL, Grazziotin-Soares R, Gavini G. Not all electronic foramen locators are accurate in teeth with enlarged apical foramina: an in vitro comparison of 5 brands. *J Endod.* 2014;40(1):109-12.
7. Tınaz C. Kanal tedavisinde çalışma boyutu. *Gazi Üniversitesi Diş Hekim Fakültesi Derg.* 18(1):31-7.
8. McDonald NJ. The electronic determination of working length. *Dent Clin North Am.* 1992;36(2):293-307.
9. Guise GM, Goodell GG, Imamura GM. In vitro comparison of three electronic apex locators. *J Endod.* 2010;36(2):279-81.
10. Sunada I. New method for measuring the length of the root canal. *J Dent Res.* 1962;41(2):375-87.
11. Gordon MPJ, Chandler NP. Electronic apex locators. *Int Endod J.* 2004;37(7):425-37.
12. Ushiyama J. New principle and method for measuring the root canal length. *J Endod.* 1983;9(3):97-104.
13. Frank AL, Torabinejad M. An in vivo evaluation of Endex electronic apex locator. *J Endod.* 1993;19(4):177-9.
14. Tinaz AC, Sevimli LS, Gorgul G, Turkoz EG. The effects of sodium hypochlorite concentrations on the accuracy of an apex locating device. *J Endod.* 2002;28(3):160-2.
15. Welk AR, Baumgartner JC, Marshall JG. An in vivo comparison of two frequency-based electronic apex locators. *J Endod.* 2003;29(8):497-500.

16. Hoer D, Attin T. The accuracy of electronic working length determination. *Int Endod J.* 2004;37(2):125–31.
17. ElAyouti A, Weiger R, Lost C. The ability of root ZX apex locator to reduce the frequency of overestimated radiographic working length. *J Endod.* 2002;28(2):116–9.
18. Kaval ME, Dönmez H. Elektronik Apeks Bulucular Electronic Apex Locators. 2014;32(2):73–8.
19. Lee M, Winkler J, Hartwell G, Stewart J, Caine R. Current trends in endodontic practice: emergency treatments and technological armamentarium. *J Endod.* 2009;35(1):35–9.
20. Ricucci D, Langeland K. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2. A histological study. *Int Endod J.* 1998;31(6):394–409.
21. Kuttler Y. Microscopic investigation of root apexes. *J Am Dent Assoc.* 1955;50(5):544–52.
22. Grove CJ. Why root canals should be filled to the dentinocemental junction. *J Am Dent Assoc.* 1930;17(2):293–6.
23. Kerekes K, Tronstad L. Morphometric observations on root canals of human premolars. *J Endod.* 1977;3(2):74–9.
24. Schilder H. Filling root canals in three dimensions. *Dent Clin North Am.* 1967;7:23–44.
25. Alvesalo L. Sex chromosomes and human growth. A dental approach. *Hum Genet.* 1997;101(1):1–5.
26. Varrel J, Townsend G, Alvesalo L. Tooth crown size in human females with 45,X/46,XX chromosomes. *Arch Oral Biol.* 1988;33(5):291–4.
27. Peters OA, Laib A, Gohring TN, Barbakow F. Changes in root canal geometry after preparation assessed by high-resolution computed tomography. *J Endod.* 2001;27(1):1–6.
28. Peters OA, Laib A, Ruegsegger P, Barbakow F. Three-dimensional analysis of root canal geometry by high-resolution computed tomography. *J Dent Res.* 2000;79(6):1405–9.
29. Peters OA, Peters CI, Schonenberger K, Barbakow F. ProTaper rotary root canal preparation: assessment of torque and force in relation to canal anatomy. 2003;
30. Preiswerk G. *Lehrbuch und Atlas der konservierenden Zahnheilkunde.* Vol. 38. JF Lehmann; 1912.
31. Fasoli G. Sull'anatomia dei canali radicolari dei denti umani. *Stomatologia.* 1913;11:409–15.

32. Zurcher E. The anatomy of the root canals of the teeth of the deciduous dentition and of the first permanent molars. New York William Wood Co. 1925;
33. Palmer MJ, Weine FS, Healey HJ. Position of the apical foramen in relation to endodontic therapy. *J Can Dent Assoc (Tor)*. 1971;37(8):305–8.
34. Vertucci F, Seelig A, Gillis R. Root canal morphology of the human maxillary second premolar. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1974;38(3):456–64.
35. Saad AY, Al-Yahya AS. The location of the cementodentinal junction in single-rooted mandibular first premolars from Egyptian and Saudi patients: a histological study. *Int Endod J*. 2003;36(8):541–4.
36. Coolidge ED. Anatomy of the root apex in relation to treatment problems. *J Am Dent Assoc*. 1929;16(8):1456–65.
37. Hassanien EE, Hashem A, Chalfin H. Histomorphometric study of the root apex of mandibular premolar teeth: an attempt to correlate working length measured with electronic and radiograph methods to various anatomic positions in the apical portion of the canal. *J Endod*. 2008;34(4):408–12.
38. Seltzer S, Soltanoff W, Bender IB, Ziontz M. Biologic aspects of endodontics: I. Histologic observations of the anatomy and morphology of root apices and surrounding structures. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol*. 1966;22(3):375–85.
39. Grove CJ. Why root canals should be filled to the dentinocemental junction. *J Am Dent Assoc*. 1931;18(2):314–9.
40. Grove CJ. Faulty technic in investigations of the apices of pulpless teeth. *J Am Dent Assoc*. 1926;13(6):746–7.
41. Ponce EH, Fernández JAV. The cemento-dentino-canal junction, the apical foramen, and the apical constriction: evaluation by optical microscopy. *J Endod*. 2003;29(3):214–9.
42. Altman M, Guttuso J, Seidberg BH, Langeland K. Apical root canal anatomy of human maxillary central incisors. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1970;30(5):694–9.
43. Green D. A stereomicroscopic study of the root apices of 400 maxillary and mandibular anterior teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1956;9(11):1224–32.
44. Pineda F, Kuttler Y. Mesiodistal and buccolingual roentgenographic investigation of 7,275 root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1972;33(1):101–10.
45. Dummer PM, McGinn JH, Rees DG. The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen. *Int Endod J*. 1984;17(4):192–8.
46. Green D. Stereomicroscopic study of 700 root apices of maxillary and mandibular posterior teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1960;13:728–33.

47. Stein TJ, Corcoran JF. Anatomy of the root apex and its histologic changes with age. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1990;69(2):238–42.
48. Morfis A, Sylaras SN, Georgopoulou M, Kernani M, Prountzos F. Study of the apices of human permanent teeth with the use of a scanning electron microscope. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1994;77(2):172–6.
49. Kasahara E, Yasuda E, Yamamoto A, Anzai M. Root canal system of the maxillary central incisor. *J Endod.* 1990;16(4):158–61.
50. Blaskovic-Subat V, Maricic B, Sutalo J. Asymmetry of the root canal foramen. *Int Endod J.* 1992;25(3):158–64.
51. Martos J, Ferrer-Luque CM, Gonzalez-Rodriguez MP, Castro LAS. Topographical evaluation of the major apical foramen in permanent human teeth. *Int Endod J.* 2009;42(4):329–34.
52. Burch JG, Hulen S. The relationship of the apical foramen to the anatomic apex of the tooth root. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1972;34(2):262–8.
53. Orban B. Why root canals should be filled to the dentinocemental junction. *J Am Dent Assoc.* 1930;17(6):1086–7.
54. Wu MK, Wesselink PR, Walton RE. Apical terminus location of root canal treatment procedures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2000;89(1):99–103.
55. Martinez-Lozano MA, Forner-Navarro L, Sanchez-Cortes JL, Llana-Puy C. Methodological considerations in the determination of working length. *Int Endod J.* 2001;34(5):371–6.
56. Arora RK, Gulabivala K. An in vivo evaluation of the ENDEX and RCM Mark II electronic apex locators in root canals with different contents. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1995;79(4):497–503.
57. Ding J, Gutmann JL, Fan B, Lu Y, Chen H. Investigation of apex locators and related morphological factors. *J Endod.* 2010;36(8):1399–403.
58. Pagavino G, Pace R, Baccetti T. A SEM study of in vivo accuracy of the Root ZX electronic apex locator. *J Endod.* 1998;24(6):438–41.
59. Simon JH. The apex: how critical is it? *Gen Dent.* 1994;42(4):330–4.
60. Hor D, Krusy S, Attin T. Ex vivo comparison of two electronic apex locators with different scales and frequencies. *Int Endod J.* 2005;38(12):855–9.
61. Lovdahl PE, Gutmann JL. *Problem Solving in Endodontics: Prevention, Identification, and Management.* Mosby; 2011.
62. Sidow SJ, West LA, Liewehr FR, Loushine RJ. Root canal morphology of human maxillary and mandibular third molars. *J Endod.* 2000;26(11):675–8.

63. Sjogren U, Hagglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *J Endod.* 1990;16(10):498–504.
64. Kerekes K, Tronstad L. Long-term results of endodontic treatment performed with a standardized technique. *J Endod.* 1979;5(3):83–90.
65. Meder-Cowherd L, Williamson AE, Johnson WT, Vasilescu D, Walton R, Qian F. Apical morphology of the palatal roots of maxillary molars by using micro-computed tomography. *J Endod.* 2011;37(8):1162–5.
66. Chapman CE. A microscopic study of the apical region of human anterior teeth. *J Br Endod Soc.* 1969;3(4):52–8.
67. Olson DG, Roberts S, Joyce AP, Collins DE, McPherson JC 3rd. Unevenness of the apical constriction in human maxillary central incisors. *J Endod.* 2008;34(2):157–9.
68. Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. *Int Endod J.* 2006;39(12):921–30.
69. Taintor JF, Biesterfeld RC, Valle GF. Termination of the root canal filling. *Dent Surv.* 1979;55(3):54–9.
70. McDonald NJ, Hovland EJ. An evaluation of the Apex Locator Endocater. *J Endod.* 1990;16(1):5–8.
71. Shabahang S, Goon WW, Gluskin AH. An in vivo evaluation of Root ZX electronic apex locator. *J Endod.* 1996;22(11):616–8.
72. Chugal NM, Clive JM, Spangberg LSW. Endodontic infection: some biologic and treatment factors associated with outcome. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003;96(1):81–90.
73. Siqueira Jr JF. Reaction of periradicular tissues to root canal treatment: benefits and drawbacks. *Endod Top.* 2005;10(1):123–47.
74. Cohen S, Burns RC. *Pathways of the pulp*, 6th edition Mosby St. Louis p:200, 1994.
75. Stabholz A, Rotstein I, Torabinejad M. Effect of preflaring on tactile detection of the apical constriction. *J Endod.* 1995;21(2):92–4.
76. Stock C. Endodontics--position of the apical seal. *Br Dent J.* 1994;176(9):329.
77. Seidberg BH, Alibrandi B V, Fine H, Logue B. Clinical investigation of measuring working lengths of root canals with an electronic device and with digital-tactile sense. *J Am Dent Assoc.* 1975;90(2):379–87.
78. Gutierrez JH, Aguayo P. Apical foraminal openings in human teeth. Number and location. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1995;79(6):769–77.
79. Tamse A, Kaffe I, Fishel D. Zygomatic arch interference with correct

- radiographic diagnosis in maxillary molar endodontics. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1980;50(6):563–6.
80. Shearer AC, Horner K, Wilson NH. Radiovisiography for length estimation in root canal treatment: an in-vitro comparison with conventional radiography. *Int Endod J.* 1991;24(5):233–9.
 81. Cederberg RA, Tidwell E, Frederiksen NL, Benson BW. Endodontic working length assessment. Comparison of storage phosphor digital imaging and radiographic film. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1998;85(3):325–8.
 82. Friedlander LT, Love RM, Chandler NP. A comparison of phosphor-plate digital images with conventional radiographs for the perceived clarity of fine endodontic files and periapical lesions. Vol. 93, *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics.* United States; 2002. p. 321–7.
 83. Ingle JI, Taintor J. *Endodontics.* Üçüncü baskı,. Philadelphia: Lea ve Febiger 1985, s. 189-93.
 84. Nair MK, Nair UP. Digital and advanced imaging in endodontics: a review. *J Endod.* 2007;33(1):1–6.
 85. Lamus F, Katz JO, Glaros AG. Evaluation of a digital measurement tool to estimate working length in endodontics. *J Contemp Dent Pract.* 2001;2(1):24–30.
 86. Loushine RJ, Weller RN, Kimbrough WF, Potter BJ. Measurement of endodontic file lengths: calibrated versus uncalibrated digital images. *J Endod.* 2001;27(12):779–81.
 87. Piepenbring ME, Potter BJ, Weller RN, Loushine RJ. Measurement of endodontic file lengths: a density profile plot analysis. *J Endod.* 2000;26(10):615–8.
 88. Leddy BJ, Miles DA, Newton CW, Brown CEJ. Interpretation of endodontic file lengths using RadioVisiography. *J Endod.* 1994;20(11):542–5.
 89. Eikenberg S, Vandre R. Comparison of digital dental X-ray systems with self-developing film and manual processing for endodontic file length determination. *J Endod.* 2000;26(2):65–7.
 90. Segura-Egea JJ, Jimenez-Pinzon A, Rios-Santos J V. Endodontic therapy in a 3-rooted mandibular first molar: importance of a thorough radiographic examination. *J Can Dent Assoc.* 2002;68(9):541–4.
 91. Custer LE. Exact methods of locating the apical foramen. *J Natl Dent Assoc.* 1918;5(8):815–9.
 92. Suzuki K. Experimental study on iontophoresis. *Jpn J Stomatol.* 1942;16:411–29.
 93. N. Inoue, “Dental ‘stethoscope’ measures root canal.,” *Dent. Surv.*, vol. 48, no. 1, pp. 38–39, Jan. 1972.

94. Nekoofar MH, Ghandi MM, Hayes SJ, Dummer PMH. The fundamental operating principles of electronic root canal length measurement devices. *Int Endod J.* 2006;39(8):595–609.
95. Gordon MP., Chandler N. Electronic apex locator. *Dent Clin North Am.* 2004;37(7):425–37.
96. Suchde R V, Talim ST. Electronic ohmmeter. An electronic device for the determination of the root canal length. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1977;43(1):141–50.
97. Inoue N. Dental “stethoscope” measures root canal. *Dent Surv.* 1972;48(1):38–9.
98. Fouad AF, Krell K V, McKendry DJ, Koorbusch GF, Olson RA. Clinical evaluation of five electronic root canal length measuring instruments. *J Endod.* 1990;16(9):446–9.
99. Himel VT, Schott RN. An evaluation of the durability of apex locator insulated probes after autoclaving. *J Endod.* 1993;19(8):392–4.
100. Christie WH, Peikoff MD, Hawrish CE. Clinical observations on a newly designed electronic apex locator. *J Can Dent Assoc.* 1993;59(9):765–72.
101. Saito T, Yamashita Y. Electronic determination of root canal length by newly developed measuring device. Influences of the diameter of apical foramen, the size of K-file and the root canal irrigants. *Dent Jpn (Tokyo).* 1990;27(1):65–72.
102. Kobayashi C, Matoba K, Suda H, Sunada I. New practical model of the division method electronic root canal length measuring device. *J Jpn Endodon Assoc.* 1991;12:143–8.
103. Lucena-Martin C, Robles-Gijon V, Ferrer-Luque CM, de Mondelo JMN-R. In vitro evaluation of the accuracy of three electronic apex locators. *J Endod.* 2004;30(4):231–3.
104. Kobayashi C, Suda H. New electronic canal measuring device based on the ratio method. *J Endod.* 1994;20(3):111–4.
105. Dunlap CA, Remeikis NA, BeGole EA, Rauschenberger CR. An in vivo evaluation of an electronic apex locator that uses the ratio method in vital and necrotic canals. *J Endod.* 1998;24(1):48–50.
106. Serota KS, Vera J, Barnett F, Nahmias Y. The new era of foraminal location. *Endod Prac.* 2004;7:17–22.
107. Plotino G, Grande NM, Brigante L, Lesti B, Somma F. Ex vivo accuracy of three electronic apex locators: Root ZX, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator and ProPex. *Int Endod J.* 2006;39(5):408–14.
108. ashish K, Choudhary R, Chokshi S and Vaidya R. “Evolution of Apex Locators.” *The Journal of Ahmedabad Dental College and Hospital.* 2010;1(1), 4-7.

109. Kaufman AY. The sono-explorer as an auxiliary device in endodontics. *Refuat Hapeh Vehashinayim*. 1976;25(3):23-26,27-31.
110. Hulsmann M, Pieper K. Use of an electronic apex locator in the treatment of teeth with incomplete root formation. *Endod Dent Traumatol*. 1989;5(5):238-41.
111. Gatot A, Arbelle J, Leiberman A, Yanai-Inbar I. Effects of sodium hypochlorite on soft tissues after its inadvertent injection beyond the root apex. *J Endod*. 1991;17(11):573-4.
112. Tsisis I, Rosenberg E, Faivishevsky V, Kfir A, Katz M, Rosen E. Prevalence and associated periodontal status of teeth with root perforation: a retrospective study of 2,002 patients' medical records. *J Endod*. 2010;36(5):797-800.
113. Goldberg F, De Silvio AC, Manfre S, Nastro N. In vitro measurement accuracy of an electronic apex locator in teeth with simulated apical root resorption. *J Endod*. 2002;28(6):461-3.
114. Piasecki L, Carneiro E, da Silva Neto UX, Westphalen VPD, Brandao CG, Gambarini G, et al. The Use of Micro-Computed Tomography to Determine the Accuracy of 2 Electronic Apex Locators and Anatomic Variations Affecting Their Precision. *J Endod*. 2016;42(8):1263-7.
115. Fuss Z, Assoline LS, Kaufman AY. Determination of location of root perforations by electronic apex locators. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1996;82(3):324-9.
116. D'Assuncao FLC, Sousa JCN, Felinto KCA, de Medeiros TC, Leite DT, de Lucena RB, et al. Accuracy and repeatability of 3 apex locators in locating root canal perforations: an ex vivo study. *J Endod*. 2014;40(8):1241-4.
117. Kaufman AY, Fuss Z, Keila S, Waxenberg S. Reliability of different electronic apex locators to detect root perforations in vitro. *Int Endod J*. 1997;30(6):403-7.
118. Azabal M, Garcia-Otero D, de la Macorra JC. Accuracy of the Justy II Apex locator in determining working length in simulated horizontal and vertical fractures. *Int Endod J*. 2004;37(3):174-7.
119. Goldberg F, Frajlich S, Kuttler S, Manzur E, Briseno-Marroquin B. The evaluation of four electronic apex locators in teeth with simulated horizontal oblique root fractures. *J Endod*. 2008;34(12):1497-9.
120. Cianconi L, Angotti V, Felici R, Conte G, Mancini M. Accuracy of three electronic apex locators compared with digital radiography: an ex vivo study. *J Endod*. 2010;36(12):2003-7.
121. Beach CW, Bramwell JD, Hutter JW. Use of an electronic apex locator on a cardiac pacemaker patient. *J Endod*. 1996;22(4):182-4.
122. Garofalo RR, Ede EN, Dorn SO, Kuttler S. Effect of electronic apex locators on cardiac pacemaker function. *J Endod*. 2002;28(12):831-3.

123. Ricucci D. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 1. Literature review. *Int Endod J*. 1998;31(6):384–93.
124. ElAyouti A, Dima E, Ohmer J, Sperl K, von Ohle C, Lost C. Consistency of apex locator function: a clinical study. *J Endod*. 2009;35(2):179–81.
125. Vasconcelos BC de, Frota LMA, Souza T de A, Bernardes RA, Duarte MAH. Evaluation of the maintenance of the apical limit during instrumentation with hybrid equipment in rotary and reciprocating modes. *J Endod*. 2015;41(5):682–5.
126. Kobayashi C. Electronic canal length measurement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1995;79(2):226–31.
127. Kim E, Lee S-J. Electronic apex locator. *Dent Clin North Am*. 2004;48(1):35–54.
128. Trope M, Rabie G, Tronstad L. Accuracy of an electronic apex locator under controlled clinical conditions. *Endod Dent Traumatol*. 1985;1(4):142–5.
129. Katz A, Tamse A, Kaufman AY. Tooth length determination: a review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1991;72(2):238–42.
130. Jenkins JA, Walker WA 3rd, Schindler WG, Flores CM. An in vitro evaluation of the accuracy of the root ZX in the presence of various irrigants. *J Endod*. 2001;27(3):209–11.
131. Prasad AB, Harshit S, Aastha SA, Deepak R. An Invitro Evaluation of the Accuracy of Two Electronic Apex Locators to Determine Working Length in the Presence of Various Irrigants. *Ethiopia J Health Sci*. 2016;26(5):457–62.
132. Altunbaş D, Kuştaırcı A, Toyoğlu M. The Influence of Various Irrigants on the Accuracy of 2 Electronic Apex Locators in Locating Simulated Root Perforations. *J Endod*. 2017;43(3):439–42.
133. Kim DW, Nam KC, Lee SJ. Development of a frequency-dependent-type apex locator with automatic compensation. *Crit Rev Biomed Eng*. 2000;28(3–4):473–9.
134. Khursheed I, Bansal R, Bansal T, Singh HP, Yadav M, Reddy KJ. A comparative evaluation of working length with digital radiography and third generation apex locator (ProPex) in the presence of various intracanal irrigants: An in vivo/ex vivo study.’ *Dent Res J (Isfahan)*. 2014;11(1):56-60.
135. Piasecki L, Carneiro E, Fariniuk LF, Westphalen VPD, Fiorentin MA, da Silva Neto UX. Accuracy of Root ZX II in locating foramen in teeth with apical periodontitis: an in vivo study. *J Endod*. 2011;37(9):1213–6.
136. Pommer O, Stamm O, Attin T. Influence of the canal contents on the electrical assisted determination of the length of root canals. *J Endod*. 2002;28(2):83–5.
137. Akisue E, Gavini G, de Figueiredo JAP. Influence of pulp vitality on length determination by using the Elements Diagnostic Unit and Apex Locator. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2007;104(4):e129-32.

138. Mayeda DL, Simon JH, Aimar DF, Finley K. In vivo measurement accuracy in vital and necrotic canals with the Endex apex locator. *J Endod.* 1993;19(11):545–8.
139. Renner D, Grazziotin-Soares R, Gavini G, Barletta FB. Influence of pulp condition on the accuracy of an electronic foramen locator in posterior teeth: an in vivo study. *Braz Oral Res.* 2012;26(2):106–11.
140. Vajrabhaya L, Tepmongkol P. Accuracy of apex locator. *Endod Dent Traumatol.* 1997;13(4):180–2.
141. Mohamed A, Steier L. Uncertain Decision-Making in Primary Root Canal Treatment. *J Evid Based Dent Pract.* 2017;17(3):205–15.
142. Abdullah A, Singh N, Rathore MS, Tandon S, Rajkumar B. Comparative Evaluation of Electronic Apex Locators and Radiovisiography for Working Length Determination in Primary Teeth in vivo. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2016;9(2):118–23.
143. Katz A, Mass E, Kaufman AY. Electronic apex locator: a useful tool for root canal treatment in the primary dentition. *ASDC J Dent Child.* 1996;63(6):414–7.
144. Bahrololoomi Z, Soleymani AA, Modaresi J, Imanian M, Lotfian M. Accuracy of an Electronic Apex Locator for Working Length Determination in Primary Anterior Teeth. *J Dent (Tehran).* 2015;12(4):243–8.
145. Bhat KV, Shetty P, Anandakrishna L. A Comparative Evaluation of Accuracy of New-generation Electronic Apex Locator with Conventional Radiography to determine Working Length in Primary Teeth: An in vivo Study. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2017;10(1):34–6.
146. Kumar LV, Sreelakshmi N, Reddy ER, Manjula M, Rani ST, Rajesh A. Clinical Evaluation of Conventional Radiography, Radiovisiography, and an Electronic Apex Locator in Determining the Working Length in Primary Teeth. *Pediatr Dent.* 2016;38(1):37–41.
147. Kim YJA, Chandler NP. Determination of working length for teeth with wide or immature apices: a review. *Int Endod J.* 2013;46(6):483–91.
148. Oznurhan F, Tuzuner T, Baygin O, Unal M, Kapdan A, Ozturk C. Accuracy of three different apex locators and visual exam in primary teeth with and without root resorption in vitro. *Eur J Paediatr Dent.* 2014;15(4):381–4.
149. Aydin U, Karataslioglu E, Aksoy F, Yildirim C. In vitro evaluation of Root ZX and Raypex 6 in teeth with different apical diameters. *J Conserv Dent.* 2015;18(1):66.
150. Herrera M, Abalos C, Planas AJ, Llamas R. Influence of apical constriction diameter on Root ZX apex locator precision. *J Endod.* 2007;33(8):995–8.
151. Alhadainy HA. Root perforations. A review of literature. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1994;78(3):368–74.

152. Li Y-H, Zhou Z, Zheng Y-Q, Gan N, Tang Y-Y, Li R, et al. Accuracy of three different electronic apex locators in determination of perforation with various conditions in vitro. *Hua xi kou qiang yi xue za zhi = Huaxi kouqiang yixue zazhi = West China J Stomatol.* 2011;29(3):272–5.
153. al Kadi H, Sykes LM, Vally Z. Accuracy of the Raypex-4 and Propex apex locators in detecting horizontal and vertical root fractures: an in vitro study. *SADJ.* 2006;61(6):244–7.
154. Zhang P. An in vitro study of Root ZX root apex locator to diagnose horizontal root fracture. *Hua xi kou qiang yi xue za zhi = Huaxi kouqiang yixue zazhi = West China J Stomatol.* 2010;28(1):102–3.
155. Zhang P. An in vitro study of two kinds of root apex locators to diagnose vertical root fracture. *Hua xi kou qiang yi xue za zhi = Huaxi kouqiang yixue zazhi = West China J Stomatol.* 2009;27(5):528–30.
156. Moshonov J, Slutzky-Goldberg I. Apex locators: update and prospects for the future. *Int J Comput Dent.* 2004;7(4):359–70.
157. Stober EK, de Ribot J, Mercade M, Vera J, Bueno R, Roig M, et al. Evaluation of the Raypex 5 and the Mini Apex Locator: an in vivo study. *J Endod.* 2011;37(10):1349–52.
158. Somma F, Castagnola R, Lajolo C, Paterno Holtzman L, Marigo L. In vivo accuracy of three electronic root canal length measurement devices: Dentaport ZX, Raypex 5 and ProPex II. *Int Endod J.* 2012;45(6):552–6.
159. ElAyouti A, Kimionis I, Chu A-L, Lost C. Determining the apical terminus of root-end resected teeth using three modern apex locators: a comparative ex vivo study. *Int Endod J.* 2005;38(11):827–33.
160. Moscoso S, Pineda K, Basilio J, Alvarado C, Roig M, Duran-Sindreu F. Evaluation of Dentaport ZX and Raypex 6 electronic apex locators: an in vivo study. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2014;19(2):e202-5.
161. APEX ID. APEX ID. Owner's manual. Glendora: SybronEndo; 2014.
162. Paludo L, Souza SL de, So MVR, Rosa RA da, Vier-Pelisser FV, Duarte MAH. An in vivo radiographic evaluation of the accuracy of Apex and iPex electronic Apex locators. *Braz Dent J.* 2012;23(1):54–8.
163. Miletic V, Beljic-Ivanovic K, Ivanovic V. Clinical reproducibility of three electronic apex locators. *Int Endod J.* 2011;44(8):769–76.
164. Silveira LFM, Petry F V, Martos J, Neto JBC. In vivo comparison of the accuracy of two electronic apex locators. *Aust Endod J.* 2011;37(2):70–2.
165. Pascon EA, Marrelli M, Congi O, Ciancio R, Miceli F, Versiani MA. An in vivo comparison of working length determination of two frequency-based electronic apex locators. *Int Endod J.* 2009;42(11):1026–31.

166. Siu C, Marshall JG, Baumgartner JC. An in vivo comparison of the Root ZX II, the Apex NRG XFR, and Mini Apex Locator by using rotary nickel-titanium files. *J Endod.* 2009;35(7):962–5.
167. Moscoso S, Pineda K, Basilio J, Alvarado C, Roig M, Duran-Sindreu F. Evaluation of Dentaport ZX and Raypex 6 electronic apex locators: An in vivo study. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2014;19(2):202–5.
168. Ekici MA, Kıvanç BH. Genişletilmiş apikal foramenlere sahip dişlerde multi-frekans elektronik apeks bulucuların doğruluğunun karşılaştırılması: ex vivo. *Acta Odontologica Turcica* 2018;35(1):17–22.
169. de Vasconcelos BC, do Vale TM, de Menezes AST, Pinheiro-Junior EC, Vivacqua-Gomes N, Bernardes RA, et al. An ex vivo comparison of root canal length determination by three electronic apex locators at positions short of the apical foramen. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010;110(2):e57-61.
170. Pascon EA, Marrelli M, Congi O, Ciancio R, Miceli F, Versiani MA. An ex vivo comparison of working length determination by 3 electronic apex locators. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;108(3):e147-51.
171. P M G, V M, M K M. An in vitro evaluation of the accuracy of four electronic apex locators using stainless - steel and nickel-titanium hand files. *Restor Dent Endod.* 2016;40(1):6–11.
172. Leonardo MR, Silva LAB, Nelson-Filho P, Silva RAB, Raffaini MSGG. Ex vivo evaluation of the accuracy of two electronic apex locators during root canal length determination in primary teeth. *Int Endod J.* 2008;41(4):317–21.
173. Meares WA, Steiman HR. The influence of sodium hypochlorite irrigation on the accuracy of the Root ZX electronic apex locator. *J Endod.* 2002;28(8):595–8.
174. Carrotte P. Endodontics: Part 7. Preparing the root canal. *Br Dent J.* 2004;197(10):603–13.
175. Aydemir H, Seven N, Yılmaz AB. Kök kanal uzunluğunun tespitinde üç klinik metodun değerlendirilmesi. *Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg.* 1999;9:42–7.
176. Martins JNR, Marques D, Mata A, Carames J. Clinical efficacy of electronic apex locators: systematic review. *J Endod.* 2014;40(6):759–77.
177. Chakravarthy Pishipati KV. An In Vitro Comparison of Propex II Apex Locator to Standard Radiographic Method. *Iran Endod J.* 2013;8(3):114–7.
178. Negishi J, Kawanami M, Ogami E. Risk analysis of failure of root canal treatment for teeth with inaccessible apical constriction. *J Dent.* 2005;33(5):399–404.
179. ElAyouti A, Weiger R, Lost C. Frequency of overinstrumentation with an acceptable radiographic working length. *J Endod.* 2001;27(1):49–52.

180. Lee SJ, Nam KC, Kim Y-J, Kim DW. Clinical accuracy of a new apex locator with an automatic compensation circuit. *J Endod.* 2002;28(10):706–9.
181. de Camargo EJ, Zapata RO, Medeiros PL, Bramante CM, Bernardineli N, Garcia RB, et al. Influence of preflaring on the accuracy of length determination with four electronic apex locators. *J Endod.* 2009;35(9):1300–2.
182. Stober EK, Duran-Sindreu F, Mercade M, Vera J, Bueno R, Roig M. An evaluation of root ZX and iPex apex locators: an in vivo study. *J Endod.* 2011;37(5):608–10.
183. Gutmann JL, Leonard JE. Problem solving in endodontic working-length determination. *Compend Contin Educ Dent.* 1995;16(3):288, 290, 293–4 passim; quiz 304.
184. Ounsi HF, Naaman A. In vitro evaluation of the reliability of the Root ZX electronic apex locator. *Int Endod J.* 1999;32(2):120–3.
185. Weiger R, John C, Geigle H, Lost C. An in vitro comparison of two modern apex locators. *J Endod.* 1999;25(11):765–8.
186. Thomas AS, Hartwell GR, Moon PC. The accuracy of the Root ZX electronic apex locator using stainless-steel and nickel-titanium files. *J Endod.* 2003;29(10):662–3.
187. Goldberg F, Marroquin BB, Frajlich S, Dreyer C. In vitro evaluation of the ability of three apex locators to determine the working length during retreatment. *J Endod.* 2005;31(9):676–8.
188. D'Assuncao FLC, de Albuquerque DS, de Queiroz Ferreira LC. The ability of two apex locators to locate the apical foramen: an in vitro study. *J Endod.* 2006;32(6):560–2.
189. Briseno-Marroquin B, Frajlich S, Goldberg F, Willershausen B. Influence of instrument size on the accuracy of different apex locators: an in vitro study. *J Endod.* 2008;34(6):698–702.
190. Mancini M, Felici R, Conte G, Costantini M, Cianconi L. Accuracy of three electronic apex locators in anterior and posterior teeth: an ex vivo study. *J Endod.* 2011;37(5):684–7.
191. Baldi J V, Victorino FR, Bernardes RA, de Moraes IG, Bramante CM, Garcia RB, et al. Influence of embedding media on the assessment of electronic apex locators. *J Endod.* 2007;33(4):476–9.
192. Duran-Sindreu F, Stober E, Mercade M, Vera J, Garcia M, Bueno R, et al. Comparison of in vivo and in vitro readings when testing the accuracy of the Root ZX apex locator. *J Endod.* 2012;38(2):236–9.
193. Lipski M, Trabska-Swistelniccka M, Wozniak K, Dembowska E, Drozdziak A. Evaluation of alginate as a substitute for root-surrounding tissues in electronic root canal measurements. *Aust Endod J.* 2013;39(3):155–8.

194. Vasconcelos BC de, Bueno M de M, Luna-Cruz SM, Duarte MAH, Fernandes CA de O. Accuracy of five electronic foramen locators with different operating systems: an ex vivo study. *J Appl Oral Sci.* 2013;21(2):132–7.
195. Jakobson SJM, Westphalen VPD, da Silva Neto UX, Fariniuk LF, Picoli F, Carneiro E. The accuracy in the control of the apical extent of rotary canal instrumentation using Root ZX II and ProTaper instruments: an in vivo study. *J Endod.* 2008;34(11):1342–5.
196. Tsesis I, Blazer T, Ben-Izhack G, Taschieri S, Del Fabbro M, Corbella S, et al. The Precision of Electronic Apex Locators in Working Length Determination: A Systematic Review and Meta-analysis of the Literature. *J Endod.* 2015;41(11):1818–23.
197. Jafarzadeh H, Beyrami M, Forghani M. Evaluation of Conventional Radiography and an Electronic Apex Locator in Determining the Working Length in C-shaped Canals. *Iran Endod J.* 2017;12(1):60–3.
198. Orosco FA, da Silva GF, Weckwerth PH, Lopes MTM, Garcia AMR, Duarte MAH, et al. Influence of different sized files on the accuracy of two electronic apex locators. *Aust Endod J.* 2017;1–4.
199. Uzunoglu E, Eymirli A, Uyanik MÖ, Çalt S, Nagas E. Calcium hydroxide dressing residues after different removal techniques affect the accuracy of Root-ZX apex locator. *Restor Dent Endod.* 2015;40(1):44.
200. Fan W, Fan B, Gutmann JL, Bian Z, Fan MW. Evaluation of the accuracy of three electronic apex locators using glass tubules. *Int Endod J.* 2006;39(2):127–35.
201. Venturi M, Breschi L. A comparison between two electronic apex locators: an in vivo investigation. *Int Endod J.* 2005;38(1):36–45.
202. Haffner C, Folwaczny M, Galler K, Hickel R. Accuracy of electronic apex locators in comparison to actual length--an in vivo study. *J Dent.* 2005;33(8):619–25.
203. Vasconcelos BC De, Veríssimo Chaves RD, Vivacqua-Gomes N, Candeiro GTDM, Bernardes RA, Vivian RR, et al. Ex Vivo Evaluation of the Accuracy of Electronic Foramen Locators in Root Canals with an Obstructed Apical Foramen. *J Endod.* 2015;41(9):1551–4.
204. Schell S, Judenhofer MS, Mannheim JG, Hulber-J M, Lost C, Pichler BJ, et al. Validity of longitudinal sections for determining the apical constriction. *Int Endod J.* 2017;50(7):706–12.
205. ElAyouti A, Hulber-J M, Judenhofer MS, Connert T, Mannheim JG, Lost C, et al. Apical constriction: location and dimensions in molars-a micro-computed tomography study. *J Endod.* 2014;40(8):1095–9.
206. Nguyen HQ, Kaufman AY, Komorowski RC, Friedman S. Electronic length measurement using small and large files in enlarged canals. *Int Endod J.*

1996;29(6):359–64.

207. Ebrahim AK, Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H. The effects of file size, sodium hypochlorite and blood on the accuracy of Root ZX apex locator in enlarged root canals: an in vitro study. *Aust Dent J.* 2006;51(2):153–7.
208. Piasecki L, José dos Reis P, Jussiani EI, Andrello AC. A Micro-computed Tomographic Evaluation of the Accuracy of 3 Electronic Apex Locators in Curved Canals of Mandibular Molars. *J Endod.* 2018;44(12):1872–7.



7. ÖZGEÇMİŞ

Mohammed Hussein Jemaa ABOOSHİ, 1988 yılında Irak'ta doğdum. İlk, ortaöğretimimi ve lise eğitimimi Irak'ta tamamladım. Suriye özel üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nde 2013 yılında yüksek lisans eğitimimi tamamladım. 2016 yılında Gaziantep Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'nda doktora eğitimime başladım.



8. EKLER



